

Министерство угольной промышленности СССР  
Министерство энергетики НРБ

# ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ

по расчету вентиляционных сетей  
с применением аналоговых  
и цифровых вычислительных машин

Кемерово — 1974

Министерство угольной промышленности СССР  
Министерство энергетики НРБ

УТВЕРЖДЕНО  
заместителем Министра угольной  
промышленности СССР  
**В. ФЕДАНОВЫМ**  
23 апреля 1974 г.

УТВЕРЖДЕНО  
заместителем Министра  
энергетики НРБ  
**К. БАНДОВЫМ**  
25 февраля 1974 г.

# ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ

## по расчету вентиляционных сетей с применением аналоговых и цифровых вычислительных машин

СОГЛАСОВАНО СОГЛАСОВАНО СОГЛАСОВАНО  
с директором ИГД им. с ректором ВГГИ с директором  
А. А. Скочинского ВостНИИ  
**А. ДОКУКИНЫМ К. ШЕЙРЕТОВЫМ Н. ЛИНДЕНАУ**

28 февраля 1974 г. 15 января 1974 г. 3 января 1974 г.

Кемерово — 1974

## А Н Н О Т А Ц И Я

Во «Временной инструкции...» излагаются методики расчета шахтных вентиляционных сетей с использованием аналоговых и цифровых вычислительных машин. Рассматривается структура расчетов и приводится классификация вентиляционных задач, излагаются рекомендации по рациональному использованию средств вычислительной техники, исходя из современного уровня организации расчетов. Предлагаются методики получения исходных данных с помощью воздушно-депрессионных съемок и обследования вентиляторных установок, обработки и накопления исходной информации, учета естественной тяги в расчетных схемах; методы решения вентиляционных задач с помощью средств электромоделирования и ЭВМ.

«Временная инструкция...» предназначена для инженерно-технических работников шахт, занимающихся вопросами вентиляции, проектных организаций, служб, специализирующихся по расчету вентиляционных сетей и проведению воздушно-депрессионных съемок и ИВЦ угольных комбинатов.

## В В Е Д Е Н И Е

Правильное оперативное управление проветриванием шахт и разработка рекомендаций по созданию необходимого режима вентиляции, решение вопросов проветривания при составлении плана горных работ возможны только после анализа сети с помощью специальных вычислительных устройств.

Упрощенные расчеты вентиляции по направлениям не пригодны для сложных вентиляционных сетей, так как при этом не учитывается ряд факторов, влияющих на режимы и организацию проветривания. К таким факторам относятся взаимное влияние совместно работающих вентиляторов, действие тепловой депрессии, наличие пределов аэродинамического сопротивления регулирующих устройств, ограниченность в количестве и месте их установки и др.

В настоящее время широкое распространение получили расчеты вентиляционных сетей с помощью аналоговых и цифровых вычислительных машин. Используя эти решающие устройства, можно заранее определить эффект мероприятий при реконструкции вентиляции.

Для решения задач вентиляции любым известным методом необходимо иметь достоверные аэродинамические характеристики всех элементов вентиляционной сети. Основным способом их получения являются воздушно-депрессионные (аэродинамические) съемки.

Расчет сети с помощью аналоговых и цифровых машин выполняется по специальным программам и инструкциям. Ему предшествует изучение вентиляционной сети и перспективы развития шахты, составление расчетных схем, определение характеристик элементов сети с помощью аэродинамической съемки и аналитических расчетов. Кроме того, прежде чем рассчитывать сеть, необходимо принять предварительные инженерные решения по вентиляции шахты. Целью расчета обычно является проверка эффективности планируемых мероприятий или вариантов реконструкции вентиляционной

сети. В последнее время практикуется также проверка перспективных планов горных работ по фактору вентиляции и расчет реверсивных режимов проветривания.

Реконструкция и совершенствование проветривания осуществляются проведением по отдельности или в комплексе следующих мероприятий:

- строительства новых вентиляторных установок взамен ликвидируемых в связи с отработкой запасов угля;

- строительства дополнительных вентиляторных установок без ликвидации действующих (при необходимости увеличения подачи воздуха в шахту);

- проведения новых горных выработок для снижения сопротивления общешахтных исходящих и входящих путей;

- перехода на новый способ проветривания;

- улучшения распределения воздуха в сети горных выработок с помощью ограничительных вентиляционных дверей;

- изменения производительности имеющихся вентиляторных установок с помощью изменения угла установки лопаток рабочего колеса (направляющего аппарата) или числа его оборотов;

- улучшения герметизации надшахтных зданий и вентиляционных каналов, а также уменьшения потерь депрессии на местных сопротивлениях.

При современном состоянии теории вентиляционных сетей задача оптимизации топологии и параметров элементов сети с учетом технических и экономических факторов не имеет своего решения. Задачи решаются путем анализа различных вариантов. Число вариантов может быть неограниченным. Тем не менее оно ограничивается по горнотехническим, экономическим и организационным условиям. Задача в таком случае сводится к выбору практически выполнимых вариантов и их сравнению по техническим, экономическим и организационным факторам.

В будущем наиболее эффективным методом управления проветриванием будет автоматический. Это вызовет повышение требований к работникам вентиляционной службы, потребует знания теории и практики расчета вентиляционных сетей.

В разработке «Временной инструкции» принимали участие А. А. Мясников, Г. С. Евстратенков, В. П. Тюрин, В. Б. Попов, М. У. Диденко (ВостНИИ, г. Кемерово); В. К. Вольский, С. Г. Калиев (КО ВостНИИ, г. Караганда); Е. Г. Даудов, А. С. Филоненко (СШМУ комбината Караганда-уголь); Т. Стефанов, И. Велчев, В. Томов, Г. Христов, Г. Александров (Болгария, ВГГИ, г. София); Ф. С. Клебанов, Р. В. Зубов (ИГД им. А. А. Скочинского, г. Москва).

## I. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАДАЧ И ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

### 1. 1. Вентиляционные сети и задачи, решаемые при их расчетах

Вентиляционная сеть шахты в совокупности с источниками движения воздуха рассматривается как единая замкнутая через атмосферу система. Элементами вентиляционной системы являются ветви и источники движения воздуха. Ветви относятся к пассивным элементам системы и представляют собой пути движения воздуха: горные выработки, вентиляционные каналы, пути утечек. Источники движения носят название активных элементов системы. К ним относятся вентиляторы и естественная тяга. Соединения ветвей называются узлами и обозначаются арабскими цифрами. Узел соединяет не менее трех ветвей.

Для расчета вентиляционной сети составляется расчетная схема (рис. 1) в виде системы замкнутых контуров. Под контуром понимается такая связь ветвей, при которой они замыкаются. Контуры могут быть сложными и элементарными (независимыми).

Например, контур 2—3—4—5 является элементарным, так как не включает в себя других контуров. Контур 2—3—4—6—5—2 сложный, так как включает в себя два элементарных. Названные контуры замыкаются внутри сети, а контуры 1—11—10—9—2—1 и 1—2—5—6—7—1 — через атмосферу. Однако с точки зрения расчета сети все контуры равнозначны. Связь через атмосферу обозначается штриховой линией, что указывает на нулевое сопротивление этих связей. Точки выхода в атмосферу могут сразу соединяться в один узел. Это значит, что связи I—I не являются ветвями. Все ветви вентиляционной схемы разделяются на смежные и внешние. Смежные ветви характеризуются тем, что они

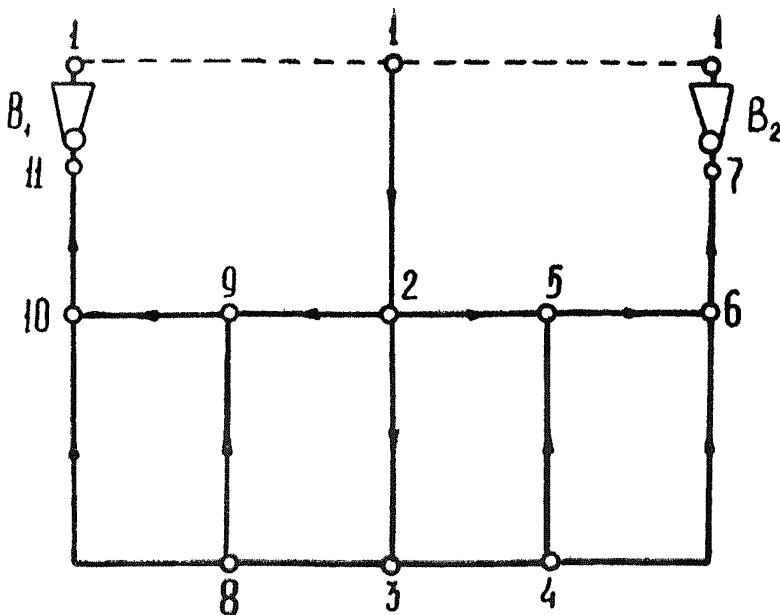


Рис. 1. Пример схематического изображения вентиляционной системы

входят в два смежных контура, например, ветвь 2—3. Внешняя ветвь входит в один контур, например, ветвь 8—10.

Зависимость между числом ветвей  $L$ , узлов  $N$  и контуров  $M$  выражается формулой

$$L = M + N - 1. \quad (1.1)$$

В общем виде напорная характеристика каждого элемента может быть записана как

$$H = f(Q), \quad (1.2)$$

где  $H$  — депрессия, создаваемая активным элементом,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ,  
 $Q$  — дебит воздуха,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Для выработок и местных сопротивлений, составляющих наибольшую часть элементов сети, принимается турбулентный режим движения и напорная характеристика выражается формулой

$$h = RQ^2, \quad (1.3)$$

где  $h$  — депрессия, затрачиваемая в пассивном элементе,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;

$R$  — аэродинамическое сопротивление,  $\text{кг}$

Графически характеристика ветви представляет собой параболу, проходящую через начало координат.

Характеристика вентилятора выражается графически сложной кривой. Аналитически описывается, как правило, только ее рабочая часть. Депрессия естественной тяги выражается как  $h = \text{const}$ . Графически это линия, параллельная оси  $Q$ .

Режим вентиляционной системы определяется следующими параметрами: сопротивлением, дебитом и депрессией в каждой ветви, а также напором  $H$  и дебитом  $Q$  источника тяги.

Математически режим сети описывается системой независимых уравнений вида

$$\sum R_i Q^2_i = \sum h_{u_i} \quad (1.4)$$

$$\text{и вида} \quad \sum Q_i = 0, \quad (1.5)$$

где  $h_{u_i}$  — депрессия  $i$  — того источника давления.

Уравнения вида (1.4) составляются для каждого независимого контура и их число равно числу таких контуров в сети  $M$ . Для рассматриваемого примера (рис. 1) можно составить 6 контурных уравнений. Физический смысл уравнения (1.4) заключается в том, что в каждом контуре алгебраическая сумма депрессий, затрачиваемых на перемещение воздуха в каждой ветви, равна алгебраической сумме давлений, развиваемых источниками, включенными в этот контур.

Для контуров, не имеющих источников давления, уравнение (1.4) имеет вид.

$$\sum R_i Q^2_i = 0. \quad (1.6)$$

Узловые уравнения вида (1.5) выражают закон: количество воздуха, входящего в узел, равно количеству выходящего из узла, т. е. алгебраическая сумма дебитов равна нулю. Число независимых уравнений (1.5) равно  $N-1$ . Всего для сети число независимых контурных и узловых уравнений равно

$$K = M + N - 1. \quad (1.7)$$

Кроме этих уравнений необходимы уравнения, описывающие характеристики источников тяги  $h_u = f(Q)$  или их графики.

Уравнение (1.5) называется первым законом сети, уравнение (1.4) — вторым.

При расчетах конкретной сети могут возникать различные задачи в зависимости от того, какие из параметров  $h$ ,  $Q$ ,  $R$ ,  $H_v$ ,  $Q_v$  известны и какие определяются. На практике встречаются задачи, представленные в табл. 1.

1-я задача является наиболее общей и распространенной. На практике она решается в случае, когда необходимо опре-

Таблица 1

Задачи	Известные параметры	Искомые величины
1. Определение свободного распределения воздуха в сети	Характеристики элементов сети: $R$ и $h_{ii} = f(Q)$	всех $h$ , $Q, H_v$ , $Q_v$
2. Регулирование необходимого воздухо-распределения	$R$ для большинства ветвей и $Q$ для части ветвей, в которых устанавливаются регуляторы, $h_{ii} = f(Q)$ части источников, $H_v$ и $Q_v$ части источников	$Q$ и $h$ всех ветвей, $R$ части ветвей, $H_v$ и $Q_v$ для части источников.
3. Группа задач воздушно-депрессионной съемки	$h$ и $Q$ всех или доста- точной части ветвей, $R$ всех ветвей, $H_v$ и $Q_v$ всех или ча- сти вентиляторов	$Q$ и $h$ части ветвей, $R$ всех ветвей, $H_v$ и $Q_v$ части вентиляторов
4. Построение характеристики сети относительно точки включения вентилятора	$R$ всех ветвей и $h_{ii} = f(Q)$ всех источников кроме одного, в точке включения которого определяется характеристика	Последовательный ряд значений $Q$ вентилятора, под который строится характеристика, при различных значениях развиваемой им депрессии $H$

делить режим проветривания при изменении сети в результате развития горных работ или включения в сеть новых вентиляторов и ветвей. Эта задача решается также для проверки тех или других мероприятий по конкретным предложениям. Она используется и для целей выбора регулирующих средств путем их подбора. Например, если необходимо определенным образом перераспределить воздух между участками или забоями, то ориентировочно подбираются места установки регуляторов и их сопротивления. После внесения их в расчетную схему задача сводится к расчету свободного распределения воздуха. Если в результате расчета окажется, что режим не обеспечивает необходимого воздухораспределения, то рассматривается другой вариант регулирования или уточняется первый и т. д. Однако такой прием не является рациональным. Легче достигнуть необходимого распределения воздуха в сети, решая вторую задачу приведенной классификации.

Задачи третьей группы выполняются обычно при обработке результатов воздушно-депрессионной съемки. С целью сокращения объема работ в шахте параметры  $h$  и  $Q$  замеряются не во всех ветвях. Незамеренные  $h$  и  $Q$  определяются при помощи уравнений (1.4) и (1.5). Затем на основании известных значений  $h$  и  $Q$  всех ветвей определяются их аэrodинамические сопротивления.

Четвертая задача может выполняться при выборе вентиляторов и проверке устойчивости режимов их работы. Выбор вентиляторов является частным случаем задачи регулирования воздухораспределения. Проверка устойчивости режимов работы вентиляторов должна производиться во всех случаях проектирования новых или реконструируемых вентиляционных сетей, если в них включаются осевые вентиляторы.

## 1.2. Этапы расчета вентиляционной сети

Под расчетом вентиляционной сети следует понимать решение комплекса задач на различные периоды развития горных работ, т. е. расчет обычно является многовариантным решением. Весь расчет состоит из двух частей — получения и подготовки исходной информации с учетом ее ввода в машину и непосредственного решения с выдачей, анализом и оформлением его результатов (рис. 2).

Этапы расчета вентиляционной сети проектируемых шахт несколько отличны от приведенной схемы. Это отличие заключается только в первой его части, что объясняется принципиальной разницей получения исходных данных. Если для реконструкции шахт исходные данные для расчета получаются в результате проведения воздушно-депрессионных съемок, то для проектируемых — в основном расчетным путем. Имеется также различие и в том, что для первого типа шахт производится привязка к существующей вентиляционной сети, а для второго — такое условие отсутствует. В итоге для расчетов вентиляционных сетей проектируемых шахт используются только расчетные величины.

После выполнения операций по получению исходных данных производится их подготовка. Подготовка исходных данных включает в себя ряд промежуточных этапов.

Прежде всего составляются расчетные схемы анализируемых вариантов. Принцип составления расчетных схем не зависит от типа шахты. Расчетные схемы составляются на определенные периоды развития горных работ с учетом основных аэродинамических связей и всех вентиляторов главного проветривания.

Обработка результатов воздушно-депрессионной съемки заключается в расчетах узловых депрессий, депрессий ветвей схемы и количеств воздуха в них, депрессии и дебита вентиляторов, аэродинамических сопротивлений ветвей. Обработка состоит из двух частей — предварительной, выполняемой на этапе получения исходных данных, и детальной. Детальная обработка выполняется в организации, производящей расчет с использованием различных вычислительных средств в отличие от первой, выполняемой непосредственно на шахте с

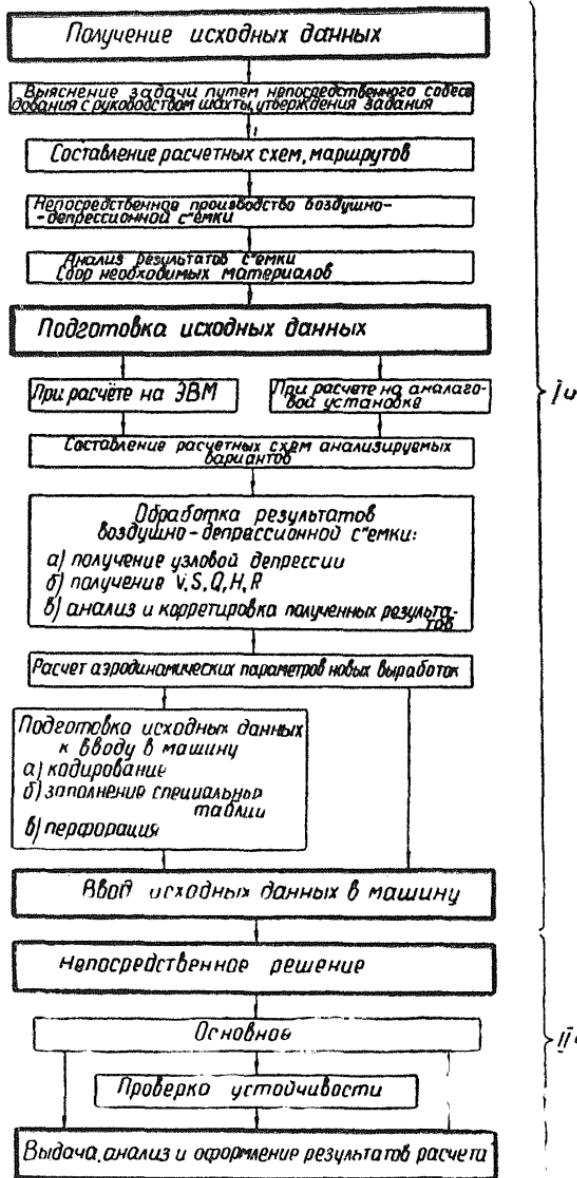


Рис. 2. Этапы расчета вентиляционной сети действующих и подлежащих реконструкции шахт.

использованием ручной обработки и средств малой оргтехники с целью проверки правильности исполнения воздушно-депрессионной съемки. Цель детальной обработки — получение аэродинамических сопротивлений ветвей анализируемых расчетных схем проветривания.

Аэродинамические сопротивления новых выработок рассчитываются на основе коэффициентов аэродинамического трения и геометрических параметров выработок или путем подобия значений аэродинамических сопротивлений ветвей, полученных при обработке результатов воздушно-депрессионной съемки, равных по своей величине ветвям анализируемых расчетных схем. На этом этапе обычно производятся различные упрощения или, наоборот, детализация расчетных схем в зависимости от цели вентиляционного расчета.

В результате выполнения этого этапа вся информация о расчетных схемах анализируемых вариантов при использовании электроаналоговых установок должна быть окончательно подготовлена к вводу в машину. В случае применения метода ЭВМ необходимо выполнение промежуточного этапа по подготовке исходных данных к вводу в машину, включающего кодирование, заполнение специальных таблиц, перфорацию. В результате выполнения этого промежуточного этапа вся информация должна быть окончательно подготовлена к вводу в машину и представлена в виде перфолент, перфокарт или записей на магнитной ленте.

Ввод исходных данных в машину является конечным этапом первой части расчета вентиляционной сети. Использование ЭВМ заключается в выполнении требований инструкции, прилагаемой к программе расчета вентиляционных сетей. При методе электромоделирования этот этап включает операции по подбору аналогов и монтажу схемы вентиляционных соединений. В результате выполнения этого этапа всю необходимую информацию для рассматриваемого варианта следует ввести в оперативную память машины.

Следующий этап — непосредственное решение — председает цель анализа предложенных вариантов с привлечением аналоговых и электронных вычислительных машин. Он может быть представлен в виде последовательного решения анализируемых вариантов и затем их анализа или непосредственного участия специалиста в вычислительном процессе с целью корректировки хода решения в соответствии с рассматриваемыми вариантами. Этот этап, независимо от принятой организации выполнения решения, подразделяется на операции по выполнению основного решения и операции по проверке устойчивости режимов работы вентиляторов. Под основным решением следует понимать решения вентиляционных задач первого, второго и третьего типов классификации (табл. 1). Проверка устойчивости режимов работы вен-

тиляторов является специфической вентиляционной задачей и может выполняться без основного решения. Если изменение аэродинамического сопротивления сети незначительно, то этап непосредственного решения выполняется, минуя операции по проверке устойчивости. В этом случае за основу берется результат предыдущей проверки устойчивости режимов работы вентиляторов.

Последним этапом расчета вентиляционной сети являются выдача, анализ и оформление результатов решения. Следует отметить, что выдача окончательных результатов решения в фазе оформления зависит от принятой организации непосредственного решения.

Если в основу организации расчета взято последовательное решение анализируемых вариантов и затем их анализ, то выданные результаты могут оказаться промежуточными. В этом случае цикл расчета вентиляционной сети повторяется, начиная с этапа подготовки исходных данных к вводу в машину. Подобная ситуация в основном характерная для метода ЭВМ. Если в основу взята организация расчета с участием специалиста в вычислительном процессе, то выданные результаты обычно окончательны, так как решение ведется параллельно с анализом.

Окончательные результаты решения позволяют перейти к фазе оформления решения, что осуществляется обычно в виде составления технических отчетов.

Перечисленные этапы производства расчета касаются многовариантного решения. В случае одновариантного решения этапы выполнения расчета аналогичны многовариантному за исключением анализа.

В отдельных случаях расчет вентиляционной сети может быть ограничен выполнением первой части (рис. 2). В этом случае для действующих и реконструируемых шахт расчет заканчивается промежуточным этапом по обработке результатов воздушно-депрессионной съемки, для проектируемых шахт — подсчетом депрессий по маршрутам и т. д.

### 1.3. Методы и средства расчета вентиляционных сетей

Существующие в настоящее время методы расчета вентиляционных сетей — аналитический, графический, графоаналитический, метод пневмогидро- и электромоделирования и метод ЭВМ базируются на основе использования двух законов сетей (1.4, 1.5).

Первые три метода не нашли широкого применения в расчетах современных сложных вентиляционных сетей ввиду того, что решение системы линейных и квадратичных уравнений, достигающих в некоторых случаях нескольких сотен, практически невозможно. В связи с этим за последние

десятилетия в вентиляционных расчетах наметилось научно обоснованное направление расчета сетей с широким использованием методов моделирования, которое, в свою очередь, распадается на два направления — физическое и математическое моделирование.

При физическом моделировании (пневмомодели, гидроинтеграторы и т. д.) в моделях и натурных установках (объектах), отличающихся между собой только размерами, протекают явления одной и той же физической природы, однако практическая реализация этого метода наталкивается на ряд технических трудностей. Довольно сложно изготавливать модели, в которых можно было бы производить быстрое и надежное соединение отдельных элементов друг с другом в необходимых комбинациях, возникают затруднения при производстве измерений в этих устройствах, трудности в создании источников, воспроизводящих напорные характеристики вентиляторов, и т. д. Указанные обстоятельства привели к ограниченному использованию методов физического моделирования в практических вентиляционных расчетах. В последнее время в связи с необходимостью решения проблемы автоматизации управления проветриванием шахты принцип физического моделированияложен в основу оперативного сбора исходной информации путем установки датчиков контроля параметров рудничной атмосферы и создания системы связи в управляемом объекте.

В отличие от физического математическое моделирование любого явления, происходящего в природе, может быть воспроизведено явлением иной физической природы, если эти явления описываются одним и тем же видом уравнения. Таким образом, для применения метода математического моделирования в основном требуется формальная тождественность уравнений, выражающих явления той или иной физической природы. Из сказанного следует, что математическое моделирование ставит целью только решение уравнений, составляемых на основании тех или иных закономерностей явления.

Современными представителями математического моделирования являются методы электромоделирования и метод ЭВМ.

Возможность электрического моделирования вентиляционных сетей основана на тождественности основных законов вентиляционных сетей для узлов и контуров и законов электрических сетей для узлов и контуров.

В настоящее время расчеты вентиляционных сетей с помощью электрического моделирования проводятся по двум направлениям:

1) изыскание методов формальной тождественности систем уравнений, выражающих вторые законы Кирхгофа;

2) разработка методов полной аналогии вольтамперных характеристик элементов электрических цепей и характеристик вентиляционных сетей.

В соответствии с этими направлениями разработаны и средства расчета вентиляционных сетей. Приборы, основанные на формальной тождественности систем уравнений, моделируют решение вентиляционных задач либо с помощью метода хорд, либо методом касательных (метод Ньютона). Типичными представителями этого направления являются приборы типа ПРВС-2, ЭПМВС. Приборы, характерные для 2-го направления, получены применением нелинейных элементов или принципа линейно-кусочной аппроксимации, который считается наиболее эффективным. К представителям этого направления относятся приборы типа ЭЛМ, ЭМП, ППРВС-ДГИ, ЭМВС, MWK и др.

При решении практических вентиляционных задач самое широкое распространение получил прибор ЭМВС-6 ИГД им. А. А. Скочинского, основанный на принципе линейно-кусочной аппроксимации (выпускается в СССР Конотопским электротехническим заводом «Красный металлист»).

При расчетах вентиляционных сетей с помощью электронных вычислительных машин использование двух законов вентиляционных сетей осуществляется в различных формах:

— на основе первого закона составляется приближенное воздухораспределение в расчитываемой вентиляционной системе, которое затем путем последовательных уточнений приводится в соответствие с уравнениями второго закона. Возможен и обратный порядок;

— на основе уравнений обоих законов сетей составляются системы уравнений для всего соединения, которые решаются затем с использованием тех или иных математических способов, упрощающих подсчеты.

В некоторых методах расчета системы уравнений, соответствующие 1 и 2-му законам сетей, дополняются использованием других закономерностей, например, принцип минимизации мощности, согласно которому естественное распределение воздуха в сети соответствует минимальной мощности, затрачиваемой на его передвижение. Тогда система (1.4, 1.5) может быть заменена системой

$$\left. \begin{array}{l} \Sigma N_i = \Sigma h_i Q_i = \Sigma R_i Q^3 \rightarrow \min \\ \text{при } \Sigma Q_i = 0. \end{array} \right\} \quad (1.8)$$

Для ЭВМ в настоящее время характерно распространение в основном двух методов расчета — с помощью методов линеаризации и методов последовательных приближений. Эффективность применения того или иного алгоритма на ЭВМ зависит от различных факторов: сложности рассматриваемой сети, скорости сходимости процесса вычислений, объема опе-

ративной памяти ЭЦВМ и т. д. Эффективность методов линеаризации заключается в том, что они имеют быструю сходимость по отношению к другим методам, но обладают недостатком — очень сложен алгоритм вычислений, что требует значительного объема оперативной памяти ЭЦВМ под программу.

При изучении существующих методов последовательных приближений расчета сложных вентиляционных сетей оказалось, что они наиболее полно отвечают решению большого комплекса вентиляционных задач. Процесс вычислений по методам последовательных приближений более прост, и хранение промежуточных результатов вычислений занимает меньший объем оперативной памяти по сравнению с методами линеаризации.

Кроме того, находит применение метод минимума мощности, одним из основных преимуществ которого является сравнительно высокая скорость сходимости процесса вычислений.

Для расчетов вентиляционных сетей в настоящее время разработано большое количество программ для различных ЭВМ, в том числе машин серий «Минск» и, в частности, моделей «Минск-22» и «Минск-32». Эти компьютеры средней производительности популярны, главным образом, из-за способности обрабатывать большие массивы информации.

Широкое распространение получили малые электронно-вычислительные машины типа «МИР» и «НАИРИ». Эти машины могут использоваться на этапе подготовки исходных данных для расчетов вентиляционных сетей. Они легко воспринимают задания и поправки по ходу решения, изложенные на привычном для человека языке букв, цифр и математических символов.

В крупнейших вычислительных центрах Советского Союза работают «БЭСМ-6» — универсальные машины с миллионным быстродействием; готовится к выпуску новая серия компьютеров типа «РЯД», которые позволят значительно повысить оперативность расчета вентиляционных сетей.

Таким образом, для расчетов вентиляционных сетей существует множество различных методов и средств, практический выбор которых довольно сложен. При выборе следует руководствоваться оценкой эффективности использования средств вычислительной техники с учетом конкретных обстоятельств.

Следует отметить, что настоящая «Временная инструкция...» преследует цель обобщения практических рекомендаций в привязке к методам математического моделирования. Поэтому в дальнейшем речь будет идти о двух современных представителях этого метода — электромоделирования и ЭВМ.

#### 1.4. Критерии оценки рациональных областей применения средств вычислительной техники

Решение вопроса о рациональных областях применения средств вычислительной техники при решении практических вентиляционных задач следует начинать с общей оценки возможности использования методов моделирования. Критерием выбора служит оценка теоретической возможности решения задач, что в практическом приложении означает возможность применения средств вычислительной техники независимо от эффективности их использования и, таким образом, дает общую оценку областей использования сравниваемых методов.

После такой общей оценки возможен переход к установлению практических границ использования средств вычислительной техники применительно к разработанным в настоящее время методам и средствам с оценкой перспективности заложенного в них принципа расчета. Причем перспективность принципа можно определить путем условного расширения конструктивных рамок вычислительных средств и последующим анализом параллельных решений. Оценка перспективности особенно важна для специалистов, работающих в области создания вычислительных средств для расчетов вентиляционных сетей.

Наиболее широкой по охвату с точки зрения определения практических границ использования средств вычислительной техники и оценки перспективности методов расчета является оценка по временному фактору. Выбор этого критерия не случаен. Необходимость его учета с целью быстрейшего внедрения полученных рекомендаций в жизнь отражена как в директивах ХХIV съезда КПСС, так и в последних работах советских и зарубежных ученых. Выбор вычислительного средства для решения практических вентиляционных задач, исходя из временного критерия, позволяет добиться наибольшего экономического эффекта ввиду несоизмеримости экономических затрат на производство расчета вентиляционной сети и экономического эффекта внедренных в производство рекомендаций. Это особенно касается решения практических вентиляционных задач реконструируемых и действующих шахт, где еще накладывается фактор безопасности. Другими словами, от оперативности выхода практических рекомендаций зависит практическая область применения средств вычислительной техники независимо от экономических преимуществ сравниваемых методов и средств при производстве расчета.

Этот критерий позволяет:

— оценить долю участия вычислительных средств в общем времени расчета вентиляционных сетей;

— в некоторой степени оценить возможности специализированных вычислительных центров с целью эффективного использования ими средств для расчета вентиляционных сетей;

— определить возможности математического моделирования с точки зрения оперативного управления проветриванием шахт;

— установить перспективность использования вычислительных средств и выявить пути устранения их конструктивных недостатков.

Другим критерием выбора средств вычислительной техники является точность расчета, которая требуется при решении практических задач. Этот критерий позволяет выбрать вычислительное средство, исходя из позиций совместимости требуемой точности расчета вентиляционных сетей и практически достижимой точности решения выбиравшегося средства.

Таким образом, оценка по трем указанным критериям позволяет наиболее объективно подойти к выбору вычислительного средства для решения практических вентиляционных задач с учетом конкретных обстоятельств: наличия вычислительных средств, организации работ в вычислительных центрах, необходимости соблюдения реального масштаба времени и т. д.

## 1.5. Области применения средств вычислительной техники

Если расчет вентиляционной сети состоит из двух частей, в этом случае ограничиваются решением первого, второго и четвертого типов задач или их сочетаний с использованием решения третьего типа задач в качестве вспомогательного. Иногда первая часть расчета может иметь самостоятельное значение. В этом случае расчет вентиляционной сети может быть ограничен решением третьего типа задач классификации (группа задач воздушно-депрессионных съемок, подсчет депрессий элементов по направлениям и т. д.).

Характеризуя эти сочетания с точки зрения применяемости для их решения средств вычислительной техники, всегда следует иметь в виду необходимость совмещения средств математического моделирования с ручным методом. Речь может идти либо вообще о возможности такого совмещения и, следовательно, возможности автоматизации счета с помощью вычислительных средств (оценка с позиций критерия теоретической возможности), либо, после такой общей оценки, о временных преимуществах сравниваемых методов в зависимости от доли и эффективности участия их в общем процессе расчета (оценка с позиций временного критерия). Кри-

третий точности может выступать как дополнительный, реже — может иметь самостоятельное значение. Таким образом, выбор вычислительных средств для практических расчетов должен идти в два этапа — начиная с общей оценки возможности применения их для расчета и кончая более конкретным выбором с учетом необходимых преимуществ этих методов.

### Оценка средств вычислительной техники с точки зрения теоретической возможности их использования при расчетах вентиляционных сетей

Первая часть, выступающая как самостоятельный расчет вентиляционной сети, может быть решена ручным методом или сочетанием средств математического моделирования с ручным, что характерно только для ЭВМ. Это объясняется узкой специализацией электрических аналоговых установок: они предназначены только для аэродинамической увязки параметров вентиляционной сети, но отнюдь не для обработки данных по получению этих параметров.

Расчет на данном уровне может быть выполнен совмещением методов электромоделирования или ЭВМ с ручным. Такое совмещение, как показывает практика и анализ заложенных в методы математического моделирования принципов решения, позволяет произвести любой практический расчет вентиляционной сети.

Такова общая оценка возможности использования средств вычислительной техники при расчетах вентиляционных сетей. Дальнейший этап выбора вычислительных средств более конкретен и касается расчета вентиляционной сети, состоящей из двух частей. При выборе необходимо учитывать тип шахты, так как расчет вентиляционной сети при этом имеет свои специфические особенности.

### Оценка средств вычислительной техники с точки зрения оперативности расчетов вентиляционных сетей

**Проектируемые шахты.** Первая часть расчета вентиляционных сетей данных шахт охватывает все операции по получению и подготовке исходной информации с учетом ее ввода; вторая — заключается в проведении операций по аэродинамической увязке параметров вентиляционной сети и составляет весьма малую долю затрат времени от общих затрат времени на расчет, исчисляемых месяцами. Основные затраты времени приходятся на выполнение первой части расчета, где возможно самое широкое применение метода ЭВМ.

Например, трудоемкость расчетов депрессии и определения сечений горных выработок в среднем по шахте равна: при методе ЭВМ («Минск-22») 2,5 маш. часа, при ручном 60—80 чел. час. Следовательно, при выборе вычислительных средств для расчетов вентиляционных сетей проектируемых шахт в случае полной автоматизации первой и второй частей расчета предпочтение следует отдать методу ЭВМ. В случае ручной обработки первой части расчета оба метода следует считать равноценными. Здесь решающей может оказаться оценка по критерию точности в пользу метода ЭВМ.

**Реконструируемые шахты.** Расчет вентиляционных сетей несколько отличен от расчетов сетей проектируемых шахт. В настоящее время возможность автоматизации по получению исходной информации, т. е. выполнение первой части расчета, невелика. Эта проблема решается в двух направлениях — либо путем использования сети шахты в качестве готовой физической модели и установки в ней соответствующей аппаратуры сбора исходной информации с созданием систем связи, либо путем автоматизации обработки результатов воздушно-депрессионных съемок и подготовки этих данных к производству расчета. Однако второй путь далеко не решает проблемы автоматизации первой части расчета ввиду значительных затрат времени на производство воздушно-депрессионных съемок.

Вторая часть расчета так же, как и для проектируемых шахт, не будет определяющей при выборе вычислительных средств. Действительно, если весь расчет вентиляционной сети средней шахты занимает почти два месяца, то на выполнение этапа непосредственного решения приходится 3 рабочих смены, причем разница в затратах времени на его производство при применении различных средств вычислительной техники по отношению к общим затратам времени на выполнение расчета сравнительно невелика.

Таким образом, средства электромоделирования и ЭВМ следует считать практически равнозначными с точки зрения оперативного их использования при расчетах вентиляционных сетей реконструируемых шахт.

Безусловно, перспективность применения метода ЭВМ очевидна, так как он имеет преимущества в приеме информации с объекта расчета, ее обработке, подготовке к расчету и т. д.

**Действующие шахты.** Необходимость выбора вычислительных средств по временному критерию для расчетов вентиляционных сетей действующих шахт с целью их оперативного расчета очевидна. Это связано с ликвидацией аварий, возникших в результате взрыва, пожара, различных нарушений проветривания и т. д.

Исследования, проведенные в ВостНИИ, позволили определить зависимости изменения затрат времени на расчет вентиляционной сети от количества и соотношения составляющих ее элементов с учетом конкретных ситуаций. Эти зависимости (рис. 3, 4) получены путем анализа хронометражных данных параллельных расчетов вентиляционных сетей методом последовательных приближений (ЭВМ типа «Минск-22») и методом электрического моделирования (модель типа ЭМВС-6) при условии одновариантного решения. Этап непосредственного решения рассматривался состоящим либо из основного решения и расчета по проверке устойчивости режимов работы вентиляторов, либо только из основного. Одно- и многовариантность решения определились числом основных решений.

Зависимости I—I (рис. 3) выражают затраты времени на выполнение основного одновариантного решения при условии наличия исходной информации в оперативной памяти машин. Следует отметить, что зависимость I для электроаналоговых установок в случае смоделированных аэродинамических характеристик вентиляторов будет выражена прямой, параллельной оси абсцисс и проходящей в непосредственной от нее близости; зависимости II—II (рис. 3) — затраты времени на выполнение основного одновариантного решения с учетом ввода исходной информации в оперативную память машины; зависимости III—III (рис. 4) — затраты времени на выполнение основного одновариантного решения с учетом проверки устойчивости режимов работы вентиляторов и ввода исходной информации в оперативную память машины.

Необходимо отметить, что все зависимости для электроаналоговых установок получены с учетом последовательного вывода режимных точек вентиляторов на их аэродинамические характеристики, т. е. без их предварительного моделирования.

Ориентируясь на эти зависимости, можно представить тот выигрыш по времени, который может быть получен в результате выбора того или иного вычислительного средства с учетом конкретных обстоятельств.

При многовариантном решении использование этих зависимостей дает возможность оценки эффекта выигрыша во времени, который заключается в разнице затрат времени на производство одновариантного решения плюс разница суммарных затрат времени на производство основных решений и зависит, как и при одновариантном решении, от числа и соотношения составляющих вентиляционную сеть элементов.

На практике, однако, окончательному выбору варианта, кроме рассмотрения основных, часто предшествует рас-

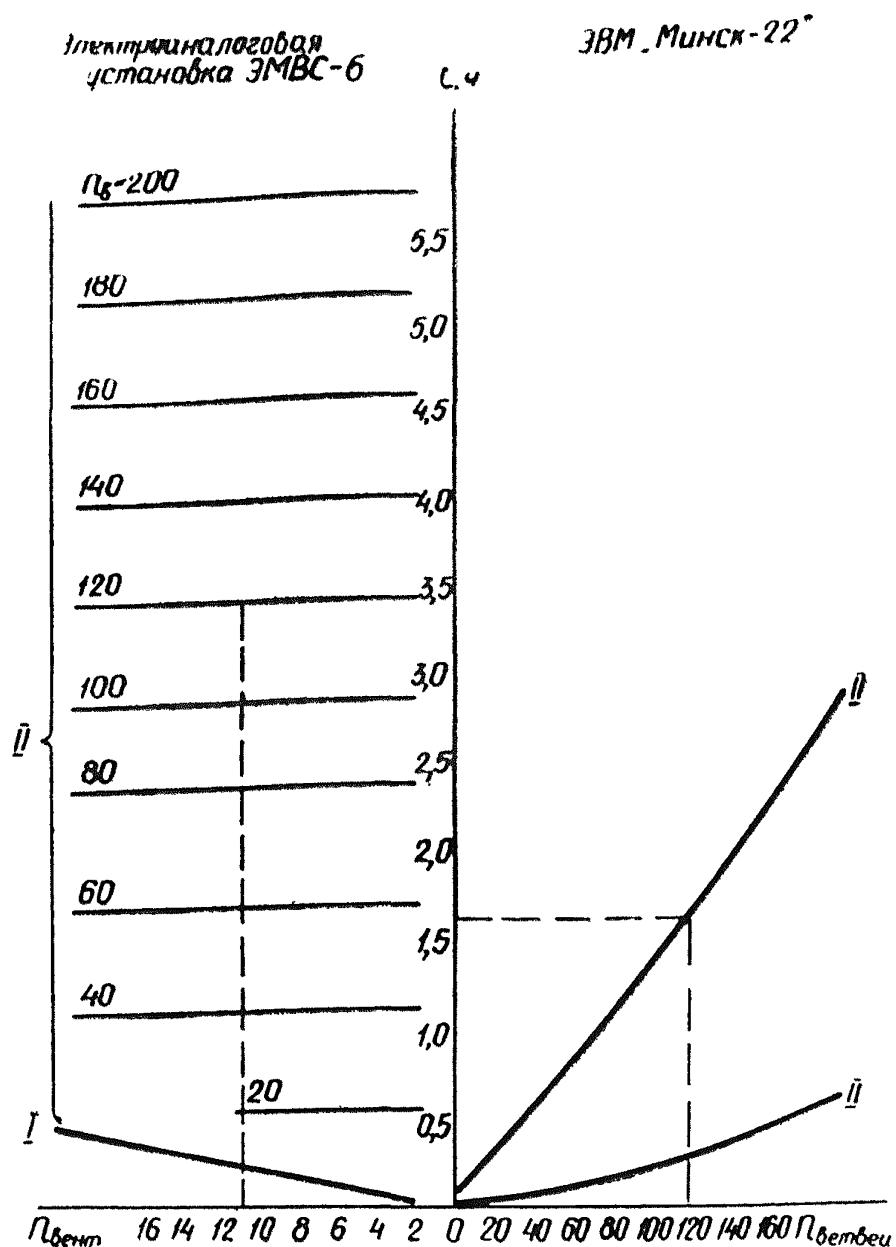


Рис. 3. Зависимость изменения затрат времени на расчет сети от числа и соотношения составляющих ее элементов без учета проверки устойчивости.

смотрение промежуточных вариантов, для которых характерно незначительное изменение аэродинамического сопротивления сети. В связи с этим при производстве многовариантного решения на аналоговых установках нет необходимости каждый раз выводить режимные точки вентиляторов

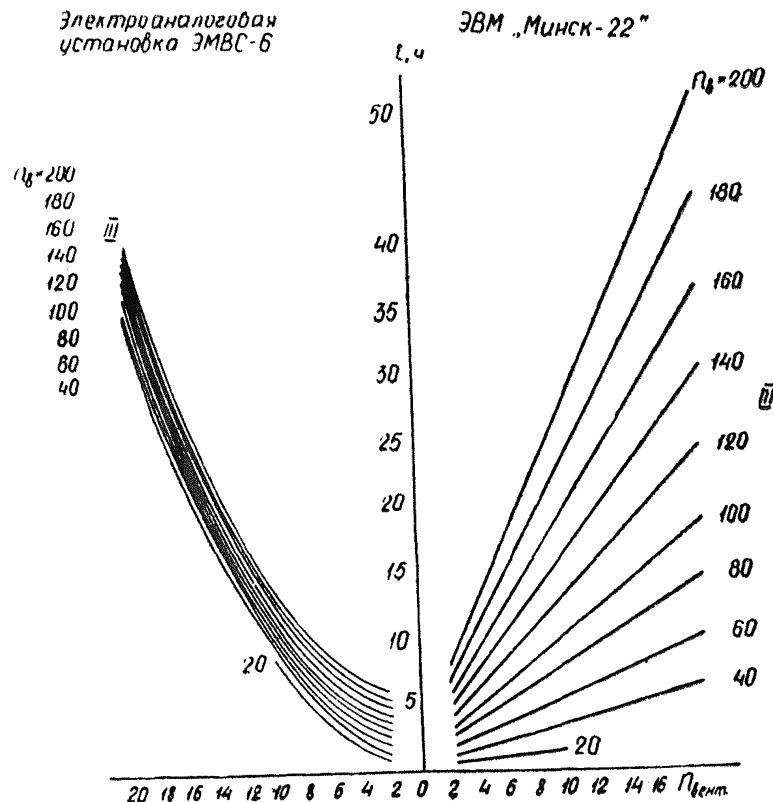


Рис. 4. Зависимость изменения затрат времени на расчет сети от числа и соотношения составляющих ее элементов с учетом проверки устойчивости.

на соответствующие им аэродинамические характеристики. Анализ такого промежуточного варианта производится по основным направлениям вентиляционных струй, и затраты времени на его производство исчисляются несколькими минутами. Это — значительное преимущество метода электрического моделирования даже над быстродействующими ЭВМ (здесь сказывается отрицательное качество ЭВМ — наличие итерационного процесса счета в отличие от мгновенного счета при методе электромоделирования).

Данное обстоятельство приводит к тому, что в настоящее время при многовариантных расчетах вентиляционных сетей предпочтение либо вообще отдается аналоговым установкам, либо с их помощью выбирают близкий к оптимальному варианту, который в дальнейшем при необходимости

можно детализировать с помощью метода ЭВМ. Приведенные зависимости не учитывают затраты времени на производство промежуточных вариантов, так как их число диктуется конкретными ситуациями, интуицией специалистов и в силу этого не поддается учету.

Естественно, что выбор вычислительных средств для расчетов вентиляционных сетей проектируемых, реконструируемых и действующих шахт не может быть ограничен только с помощью оценки по вышеуказанным критериям. Необходимо учитывать наличие этих средств, квалификацию кадров, организационные факторы, которые иногда оказываются решающими в выборе методов и средств расчета. Под организационными факторами здесь следует понимать возможность оперативного включения расчетов вентиляционных сетей в общий вычислительный цикл специализированных организаций.

Приведенные зависимости достаточно убедительно отражают недостатки и преимущества методов математического моделирования: оперативность непосредственного решения с помощью электроаналоговых установок (особенно в случае моделирования аэродинамических характеристик вентиляторов) по сравнению с наличием итерационного процесса счета у метода ЭВМ, оперативность ввода исходной информации для ЭВМ по сравнению с методом электромоделирования и т. д. Эти обстоятельства позволяют сделать вывод в пользу комбинации моделирующих и цифровых машин для решения вопросов управления проветриванием. Одним из рациональных вариантов будущего вычислительного устройства для расчета вентиляционных сетей является аналоговая машина, управляемая через цифровую. Это позволяет автоматизировать ввод исходных данных, управлять процессом расчета и получения результатов.

Естественно, решение проблемы автоматизации получения исходной информации для расчета является также задачей первостепенной важности.

## II. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЕЙ

К исходным данным относятся прежде всего расчетные схемы вентиляционных сетей и аэродинамические характеристики отдельных их элементов. При решении задач по регулированию к исходным данным относятся также расчетные количества воздуха. Аэродинамические характеристики существующих элементов сети определяются при проведении воздушно-депрессионных (аэродинамических)

съемок. Поэтому съемки следует рассматривать прежде всего как способ получения исходных данных для расчета вентиляционных сетей. По их результатам рассчитываются аэродинамические сопротивления отдельных ветвей расчетной схемы. При съемках обследуются вентиляторные установки, определяется естественная тяга.

Аэродинамические съемки по степени охвата ими вентиляционной сети разделяются на полные и частичные.

При полных съемках учитывается действие всех вентиляторов общешахтного проветривания. При этом вся вентиляционная система (совокупность сети и источников тяги) рассматривается как единое целое.

Частичные съемки охватывают только часть вентиляционной сети. Примером может служить съемка крыла шахты или маршрутная, когда замеряется падение депрессии по отдельному маршруту или направлению.

Для расчета общешахтного проветривания необходима полная съемка, хотя степень ее детальности может быть различной.

## II. 1. Составление расчетных схем аэродинамических съемок

Степень детализации съемки определяется расчетной схемой. Вентиляционные сети шахт характеризуются большой разветвленностью. При определении депрессии и дебита для каждой из ветвей требуется много времени. Еще более трудоемок расчет с предельной степенью детализации. Поэтому при проведении съемок составляются расчетные схемы, являющиеся, как правило, упрощенным условным плоскостным изображением путей движения воздуха совместно с источниками давления. Не имеет смысла начинать съемку без предварительно составленной и тщательно продуманной расчетной схемы, основой для которой является схема проветривания.

Пути утечек через герметизирующие устройства устьев стволов, вентиляционные шлюзы и двери в горных выработках, а также пути утечек через обрушенные породы изображаются на расчетных схемах отдельными ветвями. Сопротивления этих ветвей определяются, исходя из закона движения воздуха. Для герметизирующих устройств, а также горных выработок он принимается квадратичным, для слежавшихся обрушенных пород — линейным. Местные сопротивления рассчитываются по квадратичному закону.

Поверхностные и подземные вспомогательные вентиляторы наносятся на расчетные схемы с прилегающими к ним воздуховодами и путями утечек. Для всех вентиляторов, нане-

сенных на расчетную схему, должны быть известны напорные характеристики.

Степень детализации съемки определяется конкретной задачей. Расчетная схема вентиляционной сети одной и той же шахты при проведении съемки для решения различных задач может иметь различный вид. Рассмотрим для примера составление расчетных схем по схеме вентиляции, представленной на рис. 5 при различных задачах. Если необходимо определить изменение распределения воздуха по отдельным участкам шахты после ввода в действие новых выработок или установки дополнительных вентиляторов, то воздушно-депрессионная съемка должна проводиться с такой детализацией, когда каждый участок горных работ выделяется в самостоятельную ветвь. Расчетная схема для такой съемки изображена на рис. 6, а. Она получена следующим образом. На схеме вентиляции (рис. 5) проставляют и нумеруют точки в местах разветвления воздушных струй. Точки 1 и 2 не обозначают собой узел и поставлены для разделения линии всасывания и линии нагнетания. Все точки, проставленные в узлах схемы вентиляции, переносятся повторно на отдельный лист. Их взаимное расположение при этом может приниматься произвольным, но порядок соединения линиями (ветвями) должен строго соответствовать связям на схеме вентиляции.

По условиям поставленной задачи требуется выделить в отдельные ветви совокупности выработок каждого участка, поэтому разветвления внутри участков не нумеруются. Достаточно поставить точки, обозначающие узлы, в местах отверстий на участки (например, точки 9,16 и др.).

Подобное упрощение возможно потому, что система выработок участка имеет общее сопротивление, если на участок воздух поступает из одной точки, например, через ходок и бремсберг, пройденные рядом.

Если воздушно-депрессионная съемка проводится по схеме вентиляции, изображенной на рис. 5 с целью получения исходных данных для выбора нового вентилятора взамен установленного, то достаточно определить сопротивления: общее для сети всей шахты, поверхностных утечек и вентиляционных каналов. Схема будет иметь вид, показанный на рис. 6, б. Линией 3—0 изображается общее сопротивление вентиляционной сети шахты, линией 3—0<sup>1</sup> — сопротивление поверхностных утечек, линией 2—3 — сопротивление вентиляционного канала на стороне нагнетания, линией 0—1 — сопротивление калорифера и калориферного канала.

При расчетах распределения воздуха между отдельными группами участков с северного и южного квершлагов схема будет выглядеть как на рис. 6, в. Депрессионные съемки по схемам 6, б, в являются укрупненными.

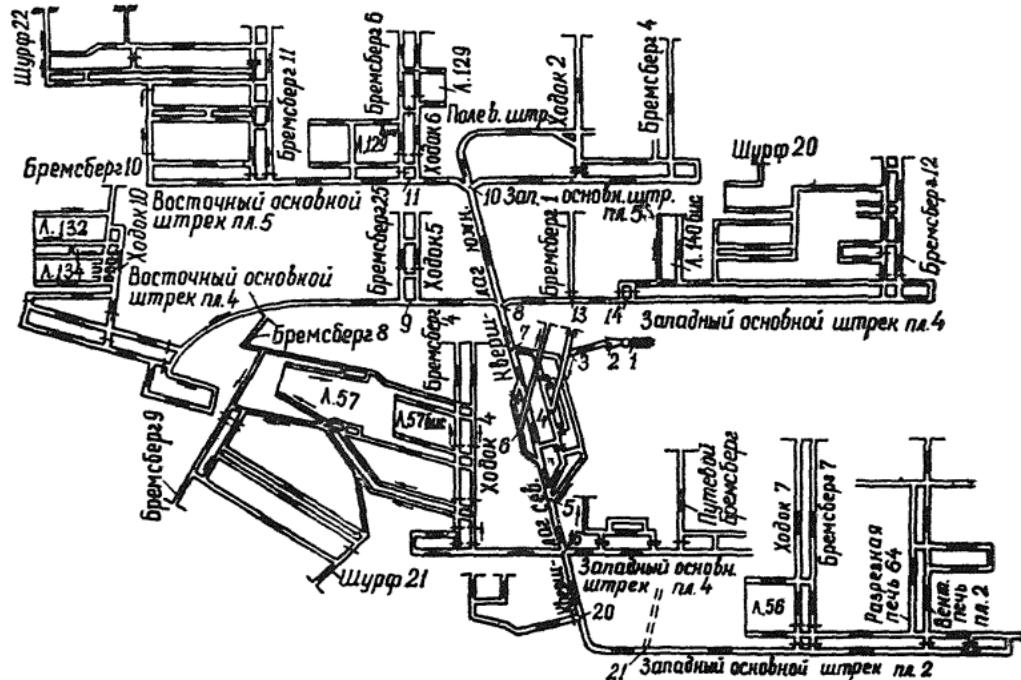


Рис. 5. Схема проветривания шахты.

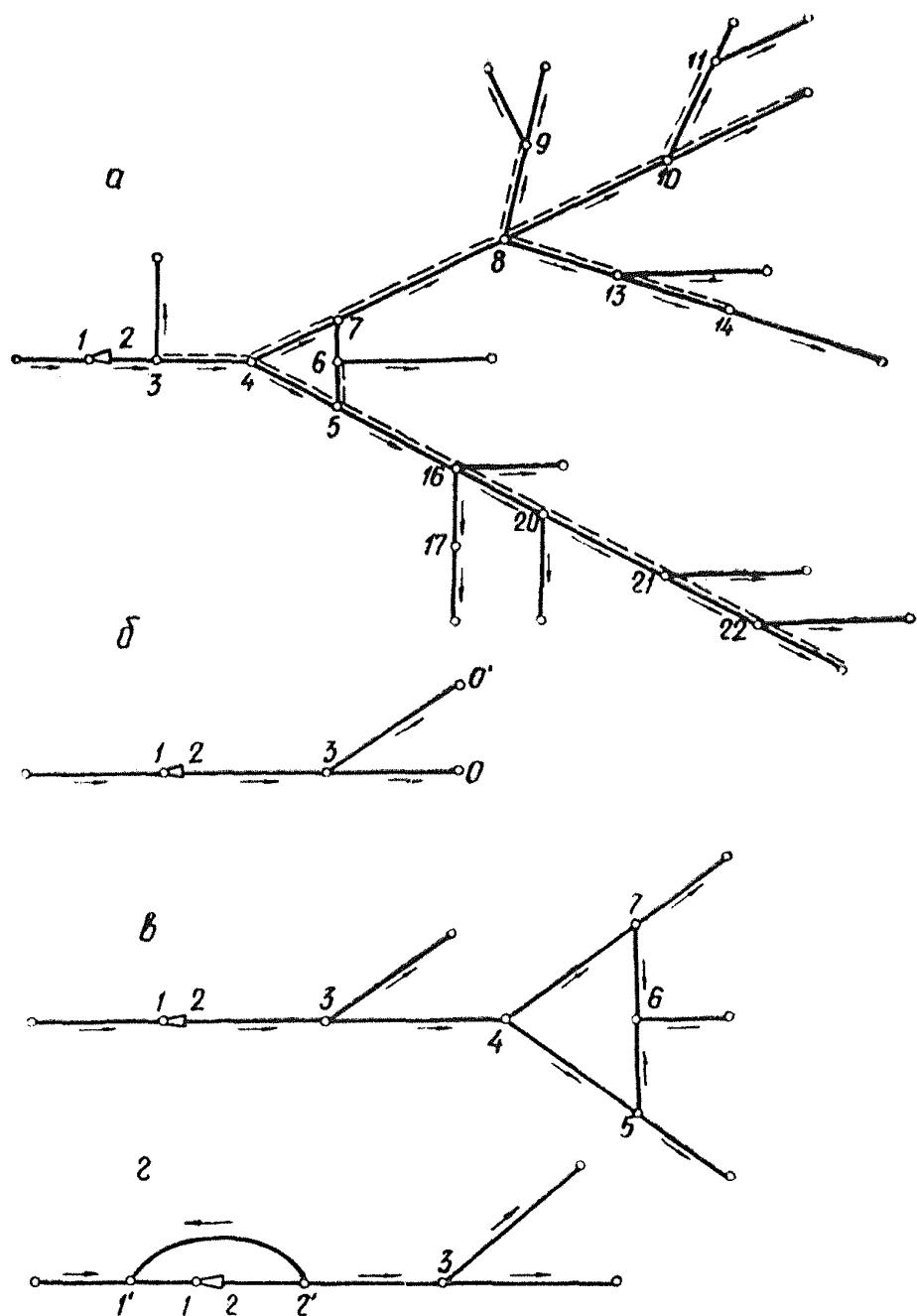


Рис. 6. Расчетные схемы вентиляционной сети при различной степени детализации депрессионных съемок.

Подобные упрощения невозможны при работе нескольких параллельно установленных вентиляторов на сложную вентиляционную сеть (рис. 7).

В данном случае нельзя выделить обособленных вентиляционных направлений, в которых можно определить общее аэродинамическое сопротивление. Расчетную схему (рис. 8), составленную по схеме вентиляции (рис. 7), дальше упростить нельзя. Поэтому для решения задач по выбору вентиляторов и регулированию распределения воздуха необходимо проводить съемку в объеме, определяемом расчетной схемой после указанных упрощений.

При проведении съемок необходимо учитывать потери в линии всасывания нагнетательных вентиляторов. Линия всасывания представлена калориферным каналом и калорифером, а также поворотом к вентилятору. На шахтах Кузбасса нагнетательные вентиляторы, как показали исследования, теряют 20—80  $\text{kG}/\text{m}^2$  развиваемого ими давления на преодоление указанных сопротивлений. Поэтому при составлении расчетных схем линия всасывания нагнетательного вентилятора должна обозначаться отдельной ветвью.

В некоторых случаях величины утечек через элементы вентиляторной установки (обводные каналы, ляды, шибера и т. д.) могут быть значительными. При таких условиях приводить все утечки к устью ствола нельзя. Для повышения точности расчетов и выявления потерь энергии необходимо утечки через устье ствола изобразить отдельно от утечек через другие устройства. Например, если утечки через обводной канал и канал резервного вентилятора значительны, то их следует изобразить отдельной ветвью 2<sup>1</sup>—1<sup>1</sup> (рис. 6, 2). Через эту ветвь происходит рециркуляция воздуха. Утечки через устье ствола изображены отдельной ветвью.

Таким образом, при составлении расчетных схем необходимо учитывать исходные данные, которые требуются при решении поставленной задачи по расчету вентиляционной сети шахты, с их учетом по возможности упростить схему.

## II.2. Приборы для депрессионных съемок

При проведении воздушно-депрессионных съемок с помощью микроманометров замеряют депрессии выработок и вентиляторов, средние скорости воздуха и сечения выработок.

Съемки микробарометрами требуют замеров температуры, изменения атмосферного давления во времени, абсолютного или относительного давления в сети горных выработок и вентиляционных каналах, а в отдельных случаях — относительной влажности воздуха в вертикальных и наклонных выработках.

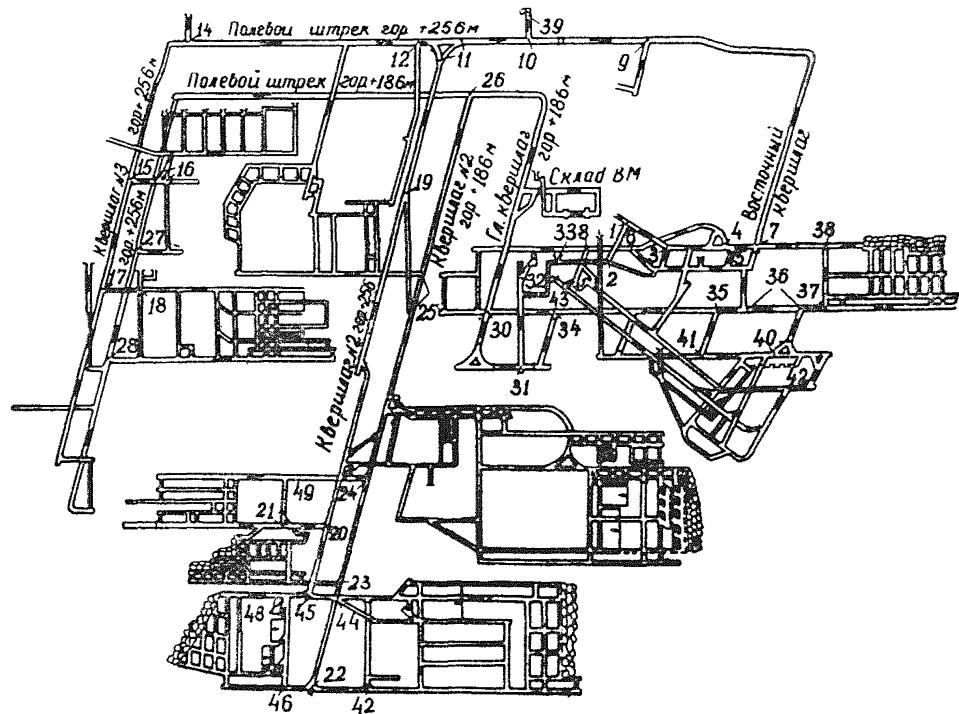


Рис. 7. Схема проветривания шахты.

При использовании микроманометра депрессию выработки замеряют непосредственно. Этот прибор является самым надежным, однако съемки с его помощью трудоемки. Используя приборы, замеряющие относительное или абсолютное давление в точке, можно значительно уменьшить объем работ при съемках. Некоторые приборы (депримометры, ДВС-У, баронивелир БН-4 и др.) устарели и не обеспечивают достаточную точность, надежность и удобство в работе. Барометры-анеронды, шкала которых проградуирована в  $мм рт. ст.$ , требуют большого времени выдержки прибора на точке замера (30 мин) и специальной тарировки. Их следует применять только в крайних случаях. Лучшими приборами, замеряющими давление в точке, являются микробаронивелир МБНП и микробарометр МБ-63-II, выпускаемые московским заводом «Гидрометприбор». Они отличаются большой точностью замеров, удобны и надежны в работе. Их конструкция соответствует работе в шахтных условиях. Эти приборы выпускаются для геодезических съемок методом барометрического нивелирования, однако практика показала, что их можно успешно применять для депрессионных съемок.

При геодезических съемках с помощью МБНП перевод делений шкалы прибора в единицы давления производится по формуле

$$B - B_0 = \alpha [1 - 0,00022(t - t_{исл})] (S - S_0) + \beta (S - S_0)^2 + \Delta P_t, \quad (II.1).$$

где  $B$  — абсолютное давление;

$B_0$  — давление, соответствующее отсчету;

$\alpha$  и  $\beta$  — постоянные коэффициенты, данные в аттестате, характеризующие цену деления шкалы;

$t$  — температура в точке замера;

$t_{исл}$  — температура, при которой определялись  $\alpha$  и  $\beta$ ,  $t_{исл} = 20^\circ$ ;

$S$  — отсчет по прибору, приведенный к единому штрафту;

$S_0$  — некоторый начальный отсчет;

$\Delta P_t$  — поправка на изменение температуры прибора;

$$\Delta P_t = -K_t \cdot \Delta t,$$

где  $K_t$  — температурный коэффициент;

$\Delta t$  — разность показаний термометра прибора при тарировке и в точке замера.

При проведении депрессионных съемок пользоваться приведенной выше формулой нет смысла, так как ряд поправок имеет высокую точность, которая не требуется при депрессионных съемках. Так, например, при замере перепада давления в  $100 \text{ кГ/м}^2$  и разности температуры в  $10^\circ\text{C}$  поправка,

учитываемая выражением в квадратных скобках, составляет 0,2 *мм вод. ст.* Вполне понятно, что ошибка из-за неучета поправки будет очень малой.

Величина выражения  $\beta$  ( $S - S_0$ ) тоже незначительна, так как порядок величины  $\beta$  находится в пределах 0,0001—0,00015 и при разнице отсчетов, встречающейся в практике, поправка не имеет практического значения. Поправку  $\Delta P_t$  при работе в шахте можно не учитывать; она имеет значение только зимой при переходе из шахты на поверхность.

Для практических целей перепад давления с достаточной точностью можно определить по формуле

$$\Delta B = \alpha (S_1 - S_2), \quad (II.2)$$

где  $\Delta B$  — разность давлений между двумя точками замера,  $\kappa\text{Г/м}^2$ ;

$\alpha$  — цена деления шкалы прибора,  $\kappa\text{Г/м}^2$ ;

$S_1$  и  $S_2$  — отсчеты по прибору в первой и второй точках, приведенные к единому штриху.

Следует отметить, что цена деления шкалы меняется при регулировке диапазона шкалы, т. е. при изменении базы прибора (барометрического давления, соответствующего нулевому отсчету по прибору). Поэтому при изменении базы необходимо вновь тарировать прибор. Тарировка прибора (определение  $\alpha$ ) осуществляется с помощью контрольного прибора (микроманометра), который подсоединяется параллельно с микробаронивелиром к резиновой груше, с помощью которой меняется давление. После каждого изменения давления берутся отсчеты по микроманометру и микробаронивелиру, а также регистрируется изменение атмосферного давления. Цена деления для каждого интервала давления определяется

$$\alpha = \frac{\Delta h}{(S_1 - S_2) + \Delta P} \quad \kappa\text{Г/м}^2,$$

где  $\Delta h$  — разность показаний микроманометра при двух отсчетах;

$S_1$  и  $S_2$  — показания микробаронивелира при тех же положениях груши;

$\Delta P$  — изменение давления за время между двумя отсчетами, определяемое по второму микробаронивелиру,  $\kappa\text{Г/м}^2$ .

При одной и той же базе прибора цена деления в разных диапазонах шкалы меняется незначительно, поэтому определяется ее среднее значение.

Абсолютное барометрическое давление в точке находится по формуле

$$B = \frac{B + S \cdot \alpha}{13,6} \quad \text{мм рт. ст.},$$

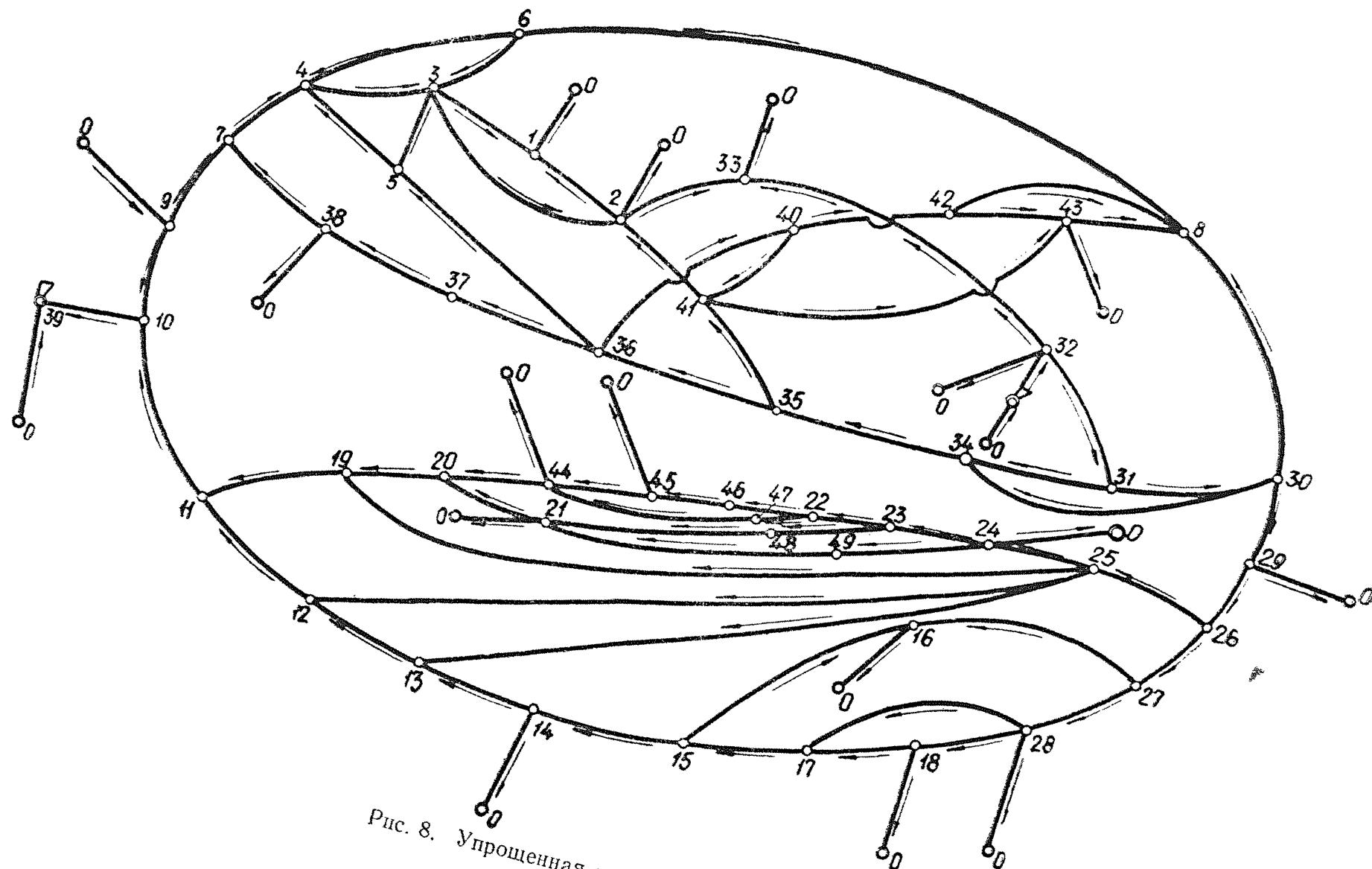


Рис. 8. Упрощенная расчетная схема вентиляционной сети.

где  $B$  — база прибора (определяется при тарировке),  
 $\text{кГ/м}^2$ .

Микробарометр МБ-63-II, выпускаемый заводом, не соответствует требованиям искробезопасности. Однако его легко сделать искробезопасным. В лаборатории расчетов и исследований вентиляционных сетей (ВостНИИ) это достигнуто заменой ламп подсвета шкалы типа Р-3, 5 В, 260 мА на лампы типа МН-1в, 75 мА; осуществлением питания прибора от двух элементов «Марс»; введением ограничительного сопротивления в цепь питания ламп подсвета.

Лаборатория искробезопасности разрешила использовать образцы прибора в новом использовании для замеров в шахте.

Для измерения скоростей движения воздуха наша промышленность выпускает крыльчатые и чашечные анемометры: первые используются для замера скоростей до 5 м/с; вторые — в пределах 5—20 м/с.

Таким образом, для проведения воздушно-депрессионных съемок необходим определенный комплект приборов. Если съемка проводится с непосредственным замером депрессии, то каждая бригада должна иметь следующие приборы: микроманометр (депрессиометр), пневмометрическую трубку, резиновый шланг (100—150 м), крыльчатый анемометр, чашечный анемометр, рулетку, секундомер.

Если воздух не приводится к нормальным условиям, замер параметров, определяющих физическое состояние воздуха, не требуется.

При определении депрессии как разности давлений, замеренных в отдельных точках сети, требуется следующий комплект приборов: два микробаронивелира МБНП или два микробарометра МБ-63, термометр, психрометр, часы (по числу замерщиков), крыльчатый анемометр, чашечный анемометр, секундомер, рулетка, резиновый шланг.

### II.3. Методы и способы проведения депрессионных съемок

Существует три метода проведения депрессионных съемок, отличающихся один от другого по принципу определения перепада вентиляционного давления:

1) непосредственное определение перепада давления между двумя точками с помощью микроманометра или депрессиометра и резиновой трубки;

2) вычисление перепада давления между двумя точками по измеренным в них абсолютным давлениям и вводимым поправкам;

3) измерение разности между каким-либо постоянным давлением в сосуде и давлением воздуха в последовательном ряде точек маршрута.

Последний метод не нашел практического применения.

При втором методе съемку можно вести двумя способами, различающимися порядком замеров давления во времени: одновременным замером давления в двух или более точках и последовательным замером давления.

Воздушная съемка должна соответствовать во времени депрессионной.

Все методы и способы проведения воздушно-депрессионных съемок имеют свои достоинства и недостатки. Поэтому при выборе их необходимо учитывать конкретные условия. Особое внимание следует уделять характеру колебаний депрессии и дебита. Ввести поправки на изменение вентиляционного давления путем его регистрации в одной из точек сети нельзя, так как в разных точках сети характер и величина колебаний различны.

Наблюдения показали, что вентиляционное давление сильно колеблется на шахтах с участковыми фланговыми схемами проветривания при параллельном подключении вентиляторов. При спуске леса по шурфам и бремсбергам закорачиваются воздушные струи через устья этих выработок, в результате чего происходят частые перераспределения дебита и депрессии выработок сети. Колебания вентиляционного давления в отдельных точках сети шахт с шурфовым проветриванием достигают  $15-20 \text{ кГ/м}^2$ . В шахтах с небольшим числом вентиляторов режим более устойчив.

Аэродинамическое сопротивление ветвей вентиляционной схемы можно определить с большой точностью только при условии, что в какой-то момент времени будет замерена депрессия ветви и соответствующий этому же моменту дебит воздуха.

В практике проведения воздушно-депрессионных съемок встречаются два рода ошибок. Во-первых, в силу многих причин невозможно точно определить депрессию и дебит выработки. Во-вторых, депрессия выработки и ее дебит замеряются в большинстве случаев в различные моменты времени, следовательно, могут значительно не соответствовать друг другу. Даже при способе одновременных отсчетов нет полного соответствия между дебитом и депрессией выработки, так как замеры скорости воздушной струи и давлений производятся в различные интервалы времени.

Изменение параметров воздушной струи во времени вносит обычно более значительные погрешности в определение аэродинамических сопротивлений, чем ошибки приборов. Особенно большие ошибки возможны при проведении депрессионной съемки методом последовательных отсчетов микробарометрами и микробаронивелирами. В данном случае за промежуток времени между замерами давлений в узловых точках, ограничивающих ветвь, вентиляционное давле-

ние может изменяться на величину большую, чем фактическая депрессия ветви. Вычисленная по таким замерам депрессия ветви будет иметь отрицательный знак. При проведении съемки микроманометром ошибка не может достигать такой величины, так как при сохранении направления движения воздуха в ветви замеренная депрессия будет всегда иметь положительный знак.

Перед проведением воздушно-депрессионной съемки следует с помощью микробаронивелиров, установленных в характерных точках сети, ознакомиться с характером колебаний давления в подземных выработках. Одновременно необходимо регистрировать изменение атмосферного давления на поверхности.

Депрессионная съемка по способу последовательных отсчетов обеспечит необходимую точность только в том случае, если будет соблюдаться условие

$$\frac{\Delta P \cdot 100}{h} \ll C,$$

где  $\Delta P$  — величина изменения давления в точке за интервал времени между замерами давления,  $\text{kГ/м}^2$ ;  
 $h$  — депрессия выработки,  $\text{kГ/м}^2$ ;

$C$  — допустимая ошибка в расчетах, %.

Чем больше депрессия ветви и устойчивей давление, тем меньше относительная погрешность, и наоборот. Так как колебания вентиляционного давления в короткие промежутки времени обусловлены работой шахты, то съемки следует делать в выходные дни, когда не работает транспорт и не открываются вентиляционные двери и ляды.

Более точные результаты можно получить, применяя способ одновременных отсчетов. При этом необходимо, чтобы замер количества воздуха производился по возможности одновременно с взвешиванием отсчетов по замеру давления. Для большей точности следует брать несколько отсчетов в течение времени замера воздуха.

Несмотря на меньшую погрешность метода непосредственных замеров депрессии, его применение при полных съемках в протяженных вентиляционных сетях нерационально из-за большой затраты времени.

До последнего времени считалось, что непосредственные замеры депрессии можно делать только микроманометром или депрессиометром, с помощью же барометров замер полной естественной тяги в движущемся потоке воздуха не возможен. Однако и микроманометры, и микробаронивелиры можно использовать для непосредственного замера перепада вентиляционного давления как в горизонтальных, так и в вертикальных выработках. Такой способ замера был ис-

пытан в ВостНИИ. Падение вентиляционного давления в вертикальной или наклонной выработке равно разности давлений неподвижного и движущегося столбов воздуха. Следовательно, достаточно замерить микробаронивелиром давление, передаваемое прибору через резиновую трубку, проложенную по выработке в нижней точке выработки, и давление, передаваемое через открытый штуцер.

Разность этих давлений будет равна депрессии выработки. Но этот способ замера имеет недостаток: за время между отсчетами с трубкой и без нее давление в точке может измениться.

Наиболее точно можно определить депрессию ветви с помощью микроманометра, однако на длинных маршрутах эта работа трудоемка. Поэтому микроманометры следует использовать только для получения данных высокой точности или при отсутствии других приборов.

Метод съемки микроманометром, основанный на непосредственном измерении депрессии между двумя пунктами, состоит в следующем. Резиновый шланг, проложенный по выработке, соединяется с одним из штуцеров микроманометра. Ко второму штуцеру присоединяется короткий резиновый шланг (1—2 м). Свободные концы шлангов соединяются с пневмометрической трубкой. Если ход по замеру депрессии проводится по одной и той же выработке постоянного сечения, то пневмометрические трубы можно подсоединять как на замер статического давления, так и на замер полного (разность скоростного напора равна нулю). Так как при замере статического давления неточность угла установки трубы меньше отражается на показаниях микроманометра, в данном случае лучше использовать первый вариант подсоединения приемников давления.

Если ход по замеру депрессии проводится по выработке с различным дебитом и сечением, то пневмометрическая трубка подсоединяется на полное давление, чтобы не вводить поправку на скоростное.

Предпочтительная длина большой трубы 100 м, короткой — 2 м.

Если пневмометрическая трубка находится в точке с большим давлением, то резиновый шланг, соединенный с ней, должен вторым концом соединяться со штуцером микроманометра, имеющим знак (+). Второй шланг подсоединяется к штуцеру со знаком (—). С одного стана можно замерить перепад давления двух участков выработки по 100 м, т. е. всего 200 м. После этого микроманометр переносится на новый стан. Таким образом, расстояние между станами при стометровом шланге равно 200 м. При снятии показаний необходимо, чтобы микроманометр был установлен горизонтально по уровню.

В ветвях, представленных выработками большой протяженности, депрессия определяется как сумма депрессий отдельных замеров.

Когда выработки длинные, и ход по одной ветви занимает много времени, замер воздуха следует повторять несколько раз и брать среднее значение дебита. Разделять воздушную и депрессионную съемки во времени не следует из-за изменений в вентиляционном режиме.

Расчетные схемы вентиляционных сетей часто содержат большое число ветвей, представляющих наклонные и горизонтальные выработки значительной протяженности. Если замерять депрессию каждой ветви, то общий объем работы будет чрезвычайно велик. Для сокращения объема работ следует использовать способ определения вентиляционных давлений (узловых депрессий) в узлах. В этом случае достаточно проложить депрессионные ходы так, чтобы они проходили через все узлы. Например, для определения сопротивлений всех ветвей схемы, изображенной на рис. 6,а, достаточно проложить ходы с микроманометром по ветвям, отмеченным параллельно штриховыми линиями. Для этой схемы удобнее выбрать два подземных маршрута: один, включающий узлы 3—4—5—16—20—21—22—0, с ответвлением в точку 6; второй — по узлам 7—8—10—0, с ответвлениями в точки 9, 13, 14. Замеры депрессии ветвей 22—0 и 10—0 делаются для контроля правильности съемки. В ветвях 6—0, 9—0, 20—3 и т. д. депрессия определяется как вентиляционное давление соответственно в точках 6; 9; 20.

Вентиляционное давление в узле может определяться суммированием депрессий выработок. Например, вентиляционное давление в точке 20 будет равно

$$h_{20} = h_{0-22} + h_{22-21} + h_{21-20} \text{ кГ/м}^2.$$

Если же его определять от точки 3, в которой действует компрессия вентилятора, развивающая им на шахту  $h_{ш}$ , то оно выразится

$$h_{20} = h_{ш} - (h_{3-4} + h_{4-5} + h_{5-16} + h_{16-20}) \text{ кГ/м}^2.$$

При отсутствии депрессии естественной тяги в рассматриваемом контуре вентиляционное давление в точке 20 в обоих случаях получится одно и то же.

В таком порядке рассчитываются давления во всех узлах. Депрессия ветвей, не вошедших в депрессионные ходы, определяется как разность вентиляционных давлений в ограничивающих узлах

$$h_i = h' - h'', \quad (II.3)$$

где  $h_i$  — депрессия  $i$ -той ветви;

$h'$  — вентиляционное давление в узле, из которого выходит воздушный поток ветви;

$h''$  — вентиляционное давление в узле, в который входит воздушный поток ветви.

Например, депрессия ветви 6—7 (рис. 6, а) будет равна  $h_{6-7} = h_6 - h_7$ ; депрессия ветви 20—0  $h_{20-0} = h_{20} - h_0 = h_{20}$ .

При съемках микробарометрами и микробаронивелирами необходимо замерять давление во всех узлах.

Депрессия ветвей может определяться как разность вентиляционных давлений в точках или как разность абсолютных давлений с учетом поправок на превышение и изменение барометрического давления.

Преимуществом съемок с замерами давлений в узловых точках является сравнительно короткий срок их выполнения и малая трудоемкость. К недостаткам метода относятся: сложность обработки первичных материалов, обусловленная необходимостью вводить поправки; влияние изменения вентиляционного режима на результаты съемки во время перехода из одной замерной станции в другую.

При способе последовательных отсчетов замеры давления производятся одним или несколькими приборами в любой последовательности (обычно исходя из наименьшей протяженности маршрутов). В этом случае замеры количества воздуха и депрессии не могут соответствовать во времени, поэтому необходимо регистрировать изменение атмосферного давления для внесения поправок.

Атмосферное давление может регистрироваться микробарографами или с помощью тех же приборов, которыми проводится депрессионная съемка.

При одновременном снятии отсчетов атмосферное давление можно не регистрировать. Однако осуществить этот метод практически трудно: он требует высокой организации труда и больших затрат времени.

При одновременном замере давления съемка ведется в следующем порядке: один человек с микробаронивелиром или микробарометром находится в начале выработки, второй — в ее конце. В условное время они берут отсчеты по приборам. В это же самое время замеряется скорость движения воздушной струи в выработке. После проведения замеров все переходят в конечную точку.

При воздушно-депрессионных съемках способом одновременных отсчетов необходима предварительная рекогносцировка в горных выработках, так как данный способ предусматривает одновременное снятие отсчетов, следовательно, нужно заранее знать место нахождения замерных станций и приблизительно время следования до них.

Для замера скорости воздуха и сечений лучше выделять специальных людей. Маршруты при съемке можно проходить как по ходу струи, так и против нее. Начальной точкой следует принимать устья стволов или бремсбергов.

На каждой станции по замеру давлений, кроме отсчетов по микробарометру или микробаронивелиру, делается замер температуры воздуха для определения  $\gamma$ . Кроме того, записывается время замеров. Для каждой станции по замеру давления должна быть известна высотная отметка для внесения поправки на превышение.

При замере давления микробарометрами МБ-63-П обработка результатов сводится к следующему. В первую очередь определяется истинное значение давлений на замерных станциях, для чего в произведенные замеры вводятся поправки, которые даются в прилагаемой к каждому прибору инструкции.

Депрессия ветви, представляющей наклонную выработку с малым превышением, определяется по формуле

$$h_{1-2} = 13,6P_1 - (13,6P_2 \pm \Delta P_{\text{пп}}) \pm \Delta P_{\text{ам}} \quad (\text{П.4})$$

где  $P_1$  и  $P_2$  — давления в двух соседних замерных станциях с учетом четырех поправок (определяется по инструкции);

$\Delta P_{\text{пп}}$  — поправка на превышение,  $\text{kГ/м}^2$ ,

$$\Delta P_{\text{пп}} = (H_1 - H_2) \cdot \gamma_{\text{ср}},$$

где  $H_1$  и  $H_2$  — высотные отметки замерных станций,  $\text{м}$ ;

$\gamma_{\text{ср}} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2}$  — средний удельный вес воздуха,  $\text{kГ/м}^2$ ;

$\gamma_1$  и  $\gamma_2$  — удельный вес воздуха в замерных станциях,  $\text{kГ/м}^3$ ,

$$\gamma = 0,465 \frac{P}{T}$$

$P$  — давление на замерной станции с учетом введенных поправок,  $\text{kГ/м}^2$ ;

$T$  — абсолютная температура в замерной станции,  $^{\circ}\text{К}$ ;

$\Delta P_{\text{ам}}$  — поправка на изменение атмосферного давления,  $\text{kГ/м}^2$ .

Эта поправка вводится при способе последовательных отсчетов

$$\Delta P_{\text{ам}} = B'_\kappa - B''_\kappa \text{ кГ/м}^2 \quad (\text{II.5})$$

где  $B'_\kappa$  — показание контрольного прибора во время снятия отсчета в первой точке;

$B''_\kappa$  — показание контрольного прибора при снятии отсчета во второй точке.

При работе с микробаронивелиром МБНП депрессия отдельной ветви определяется по формуле

$$h_{1-2} = S_1 \cdot \alpha - (S_2 \cdot \alpha \pm \Delta P_{\text{пр}}) \pm P_{\text{ат}} \quad (11.6)$$

где  $S_1$  и  $S_2$  — отсчеты по микробаронивелиру, в делениях шкалы;

$\alpha$  — цена деления шкалы,  $\text{кГ/м}^2$ .

Пример. Давление замеряется микробаронивелиром МБНП методом последовательных отсчетов в узловых точках по расчетной схеме, изображенной на рис. 6, а. Замеры давлений производятся с целью определения депрессий отдельных ветвей. Рассмотрим порядок определения депрессии в ветви 8—9. Отсчеты по шкале прибора в точках 8 и 9 соответственно равны 96—3—25 и 95—3—15, температура воздуха в выработке  $+15^\circ\text{C}$ , превышение точки 9 над точкой 8 равно 2,5 м. Изменение атмосферного давления по контрольному прибору МБНП, установленному на поверхности, за время между замерами в точках 8 и 9 составляет  $+1,7 \text{ кГ/м}^2$ .

Отсчеты по шкале пересчитываются по формуле, приведенной в инструкции

$$S = A + \frac{4,00 - m}{n}$$

где  $A$  — номер штриха шкалы микробаронивелира;

$m$  — отсчет по барабану микрометра;

$n$  — коэффициент перевода делений шкалы микрометра в деления подвижной шкалы микробаронивелира (дается в аттестате прибора).

$$1. \text{ В точке 8} \quad S = 96 + \frac{4,00 - 3,25}{1,16} = 96,64$$

$$2. \text{ В точке 9} \quad S = 95 + \frac{4,00 - 3,15}{1,16} = 95,75$$

Для определения депрессии предварительно подсчитываются поправки  $\Delta P_{\text{пр}}$  и  $\Delta P_{\text{ат}}$ .

Для определения поправки на превышение определяется средний удельный вес воздуха в выработке.

В связи с тем, что температура в точках 8 и 9 одинакова, а превышение незначительно, удельный вес воздуха в них можно считать одинаковым. Для его определения рассчитываем давление в точке 8

$$B = \frac{B + S \cdot \alpha}{13,6} = \frac{9615 + 96,64 \cdot 7}{13,6} = 759,04 \text{ мм рт. ст.}$$

Значения базы прибора и цены деления шкалы, взятые в данном расчете, действительны только для данного прибора.

Удельный вес воздуха в точке 8 будет равен

$$\gamma = 0,455 \cdot \frac{P}{T} = 0,455 \cdot \frac{759,04}{273+15} = 1,20.$$

Поправка на превышение равна

$$\Delta P_{\text{пр}} = 2,5 \cdot 1,2 = 3 \text{ кГ/м}^2.$$

Потеря депрессии в ветви 8—9

$$h_{8-9} = 7 \cdot 96,64 - (7 \cdot 95,73 + 3) + 1,63 = 5 \text{ кГ/м}^2.$$

Поправка на превышение берется со знаком (+), потому что в точке 9 давление уменьшается не только за счет потери депрессии на трение, но и за счет изменения высоты. Результаты замеров и расчетов сведены в табл. 2.

При действии в контурах сети депрессий естественной тяги вентиляционное давление в узлах условно. Оно зависит от выбора точки отсчета. Например, вентиляционное давление в точке 20 при определении его по направлениям 0, 22, 21, 20 и 0, 3, 4, 5, 16, 20 будет иметь различную величину, если в контуре 0, 3, 4, 5, 16, 20, 21, 22, 0 действует депрессия естественной тяги. Разность этих величин равна естественной депрессии названного контура.

В таком случае депрессия ветви, представляющей выход на поверхность, не может определяться как действующий напор в точке. При проведении съемки микроманометром депрессия  $h_i$  такой ветви определяется по формуле

$$h_i = h_n \pm h_{\text{ек}}, \quad (\text{II.7})$$

где  $h_n$  — условное вентиляционное давление;

$h_{\text{ек}}$  — депрессия тяги в рассматриваемом контуре.

Если условное вентиляционное давление в точке 20 определялось по ходу 0, 22, 21, 20, то естественная тяга рассматривается в контуре 0, 22, 21, 20, 0. Она берется со знаком (+), если действует в направлении от выхода на поверхность, взятого за отсчет вентиляционного давления, на выход, депрессия которого рассчитывается. При обратном направлении ее действия она вычитается из условного вентиляционного давления. Если ветвь, в которой не проложен депрессионный ход, находится внутри сети, то ее депрессия определяется по формуле

$$h_i = (h_n - h_{n-1}) \pm h_{\text{ек}} \quad (\text{II.8})$$

где  $h_n$  и  $h_{n-1}$  — условные вентиляционные давления в узлах, ограничивающих ветвь.

Номер замер-ной стан-ции	Время замера, час, мин.	Темпе-ратура воздуха, град.	Высот-ная от-метка, м	Пре-выше-ние, м	Замер микробаронивели-ром №			Удельный вес воздуха, кГ/м <sup>3</sup> .	Поправка на превыше-ние, кГ/м <sup>2</sup>	Поправка на измене-ние атмосферного давления, кГ/м <sup>2</sup>	Депрессия ветви, кГ/м <sup>2</sup>	Примечание
					отчет по шкале	приведенный отчет	абсолютное давление, м.м рт. ст					
8	11—20	+15	263,2	96-3-25	96,64	759,04	1,20	1,20	3	1,63	5	
			2,5									
9	11—40	+15	265,7	95-3-15	95,73		1,20					

Естественная тяга определяется в контуре, образованном ветвями, депрессии которых суммируются при определении вентиляционных давлений. Например, если в точке 6 вентиляционное давление определено как сумма депрессий ветвей по ходу 0, 22, 21, 20, 16, 56, а в точке 7 — по ходу 0, 10, 8, 7, то депрессия естественной тяги определяется в контуре 0, 22, 21, 20, 16, 5, 6, 7, 8, 10, 0. Ее следует определять термодинамическим способом по известным геодезическим отметкам и абсолютным температурам в них.

Маршруты планируются так, чтобы не прокладывать депрессионные ходы по ветвям, представляющим горизонтальные выработки большой протяженности и наклонные, в которых замер депрессии представляет большую трудность.

Если съемка проводится микробарометрами, то естественная тяга учитывается внесением поправок на превышение.

При измерении депрессии глубоких воздухоподающих стволов, где процессы влагообмена и теплообмена носят неустойчивый и сложный характер, подсчет  $\gamma$  следует делать с учетом влажности воздуха. Поэтому необходимо измерять давление и температуру по сухому и влажному термометрам в ряде точек ствола (через 25—50 м), а средний удельный вес определять как средневзвешенный

$$\gamma_{cp} = \frac{\sum \gamma_i l_i}{\sum l_i} \kappa \Gamma / m^2,$$

где  $\gamma_i$  — объемный вес воздуха на  $i$ -ом участке;

$l_i$  — расстояние между замерными пунктами  $i$ -го участка.

Объемный вес воздуха в каждом отдельном случае необходимо определять с учетом влажности

$$\gamma_f = 0,465 \frac{P}{T} \left( 1 - 0,378 \frac{H_b \cdot P_{nac}}{P} \right) \kappa \Gamma / m^2,$$

где  $H_b$  — относительная влажность в долях единицы;

$P_{nac}$  — давление насыщенных паров.

Вычисление следует вести с точностью до третьего знака.

#### II. 4. Обследование вентиляторных установок

Обследование вентиляторных установок представляет собой часть воздушно-депрессионной съемки. Кроме режима работы вентилятора при обследовании определяются также данные для расчета аэродинамических сопротивлений воздуха.

ховодов, примыкающих к вентилятору, и сопротивлений путей утечек.

При определении режима работы вентилятора замеряются давление и дебит вентилятора, устанавливаются число оборотов колеса вентилятора  $n_v$  и угол установки лопаток  $\Theta$ .

Для подсчета сопротивлений путей утечек необходимо определить их величину  $Q_y$  и депрессию, затраченную на их пути.

Обследование вентиляторных установок при воздушно-депрессионных съемках следует отличать от шахтных испытаний вентиляторов, при которых не ставится задача определить аэродинамические сопротивления вентиляционных каналов и путей утечек.

В технической литературе по рудничной вентиляции не всегда четко разграничиваются понятия «статическое давление вентилятора» и «статическое давление потока»; «динамическое давление потока» в канале и «динамическое давление вентилятора». Это приводит к неправильным рекомендациям по замеру давлений вентилятора.

В воздушном потоке различаются статическое, динамическое и полное давления. Статическое давление  $P_{ст}$  есть абсолютное давление воздуха на стенки трубопровода. Динамическое давление потока  $h_g$  представляет собой давление движущегося воздуха на единицу площади поверхности, фронтальной потоку

$$h_d = \frac{V^2}{2g} \cdot \gamma,$$

где  $V$  — скорость движения воздуха,  $m/c$ ;

$\gamma$  — удельный вес воздуха,  $кГ/м^3$ ;

$g$  — ускорение свободного падения,  $m/c^2$ .

Полное давление потока равно сумме статического и динамического

$$P = P_{ст} + h_g. \quad (II. 9)$$

Абсолютное давление потока (замеренное относительно вакуума) следует отличать от избыточного (вентиляционного) давления потока  $h$ , которое замеряется относительно атмосферного давления. На рис. 9 изображены эпюры статических и полных вентиляционных давлений в нагнетательном и всасывающем трубопроводах.

Вентиляционное давление относительно линии атмосферного давления  $P_a$  обозначено  $h$ .

В линии всасывания статическое вентиляционное давление имеет знак (—), а в линии нагнетания знак (+). Ди-

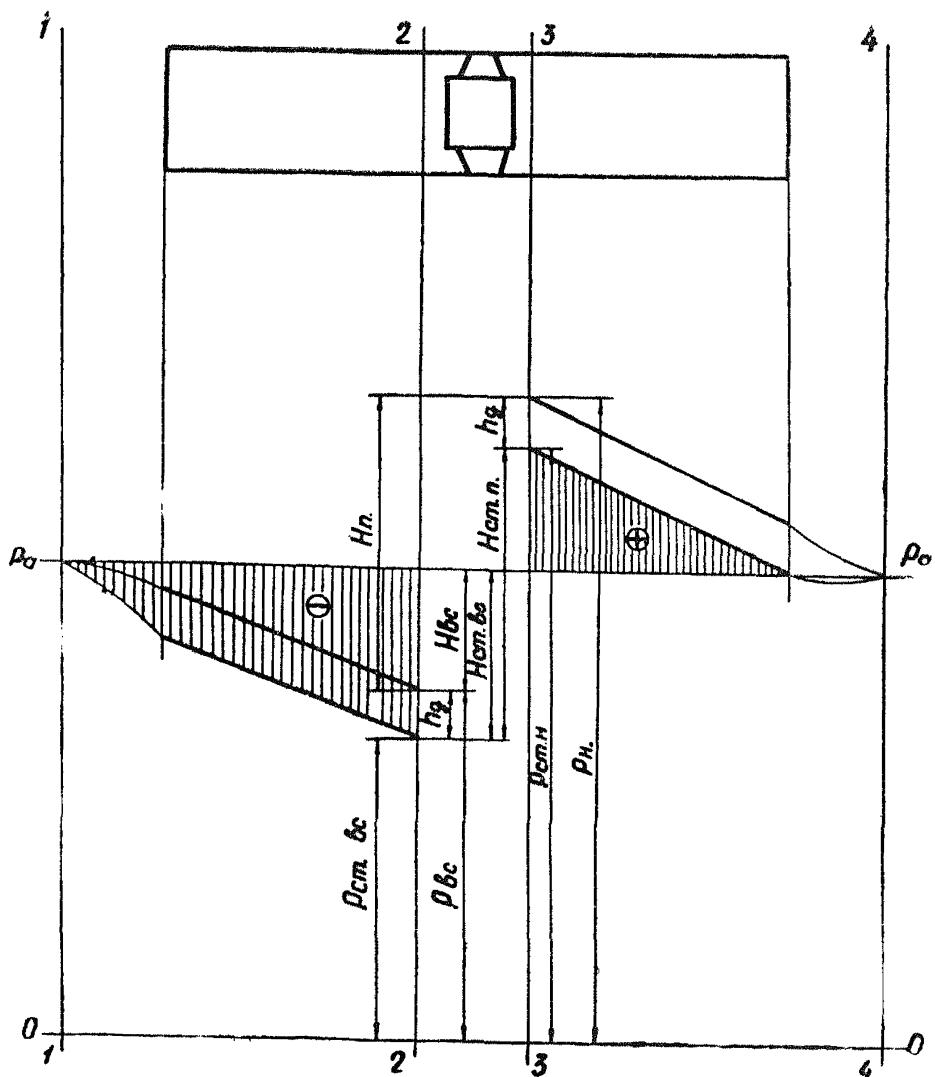


Рис. 9. Эпюры давлений в линиях всасывания и нагнетания.

намический напор всегда имеет знак (+). Для линии всасывания существует зависимость

$$h = -h_{\text{ст}} + h_{\text{д}} \quad (\text{II. 10})$$

для линии нагнетания

$$h = h_{\text{ст}} + h_{\text{д}}. \quad (\text{II. 11})$$

В дальнейшем выражение «вентиляционное давление» будет сокращенно обозначаться словом «давление». В том случае, когда речь пойдет об абсолютном давлении в потоке, это будет уточняться.

Индексом  $P$  обозначаются абсолютные давления (относительно линии вакуума 0—0).

Из эпюры давлений видно, что абсолютное полное давление потока ( $P_{вс} = P_{ст_{вс}} + h_d$  и  $P_{н} = P_{ст_{н}} + h_d$ ) всегда больше абсолютного статического давления ( $P_{ст_{в}}$  и  $P_{ст_{н}}$ )

Если же рассматривать вентиляционное давление (относительно линии  $P_a$ ), то во всасывающем трубопроводе полное вентиляционное давление меньше статического вентиляционного. Это обстоятельство необходимо помнить при исследовании давления в калориферном канале нагнетательного вентилятора и вентиляционном канале всасывающего вентилятора.

Для определения сопротивления линии всасывания необходимо замерять полное давление. Если замерять давление статической трубкой и не вводить поправку на скоростной напор, то депрессия линии всасывания будет завышенной.

В нагнетательном трубопроводе полное вентиляционное давление больше статического.

Разность полных абсолютных давлений в нагнетательном и всасывающем трубопроводах составляет полное вентиляционное давление, развиваемое вентилятором на сеть. Эта разность в литературе по аэродинамике вентиляторов называется полным давлением вентилятора  $H_b$ .

$$H_b = P_n - P_{вс}. \quad (II. 12)$$

Полное давление вентилятора можно определить так же как сумму абсолютных величин (без учета знака) полных вентиляционных давлений в нагнетательном и всасывающем трубопроводах или как алгебраическую разность этих величин

$$H_b = [H_{ст_{н}}] + [H_{ст_{вс}}] + \left( \frac{V_{н}^2}{2g} \cdot \gamma_n - \frac{V_{вс}^2}{2g} \cdot \gamma_{вс} \right), \quad (II. 13)$$

где  $H_{ст_{н}}$  — статическое вентиляционное давление в нагнетательном трубопроводе у вентилятора,  $\text{kГ}/\text{м}^2$ ;  
 $H_{ст_{вс}}$  — статическое вентиляционное давление во всасывающем трубопроводе у вентилятора,  $\text{kГ}/\text{м}^2$ ;  
 $V_{н}$  и  $V_{вс}$  — соответственно скорости потока в нагнетательном и всасывающем трубопроводах,  $\text{м}/\text{с}$ .

При одинаковом сечении трубопроводов перед вентилятором и за ним  $V_{н} = V_{вс}$  выражение в скобках равно нулю.

Полное давление вентилятора тратится на преодоление сопротивления нагнетательного трубопровода, к которому относится также сопротивление выхода в атмосферу, и на преодоление сопротивления всасывающего трубопровода. Сопротивление входа в трубопровод относится к всасывающему трубопроводу.

У всасывающего вентилятора полное давление состоит из давления, затраченного на преодоление сопротивления сети, и динамического давления потока, выходящего из вентилятора.

Та часть давления, которая тратится на преодоление сопротивления сети, в литературе по аэродинамике вентиляторов называется «статическим давлением вентилятора»  $H_{ст_в}$ . По нему в большинстве случаев строятся напорные характеристики вентиляторов; в литературе они называются «статическими». Кроме них иногда строятся характеристики по полному давлению вентилятора.

Термин «статическое давление вентилятора» носит условное значение. У всасывающих вентиляторов «статическое давление вентилятора» равно полному давлению потока перед вентилятором.

Динамическое давление потока на выходе из вентилятора в аэродинамике вентиляторов носит название «динамическое давление вентилятора»  $H_d$ . Его следует отличать от динамического давления потока в канале.

У вентиляторов, имеющих линию всасывания и линию нагнетания, «статическое давление вентилятора» является расчетной величиной, равной разности между полным и динамическим давлением вентилятора.

$$H_{ст_в} = H_v - H_d.$$

В том случае, когда рассматривается напорная характеристика вентиляторной установки, следует иметь в виду, что она строится с учетом потерь давления в ее элементах. Часть давления, затрачиваемая на сопротивление сети, называется «статическим давлением вентиляторной установки», под которым понимается полное вентиляционное давление потока в канале у вентилятора. У таких характеристик на оси ординат, по которой откладывается давление, дается обозначение  $H_{ст}$ . Однако следует помнить, что под  $H_{ст}$  вентиляторной установки подразумевается полное давление потока, затрачиваемое на сопротивление сети. Разность полных абсолютных или полных вентиляционных давлений между двумя точками в вентиляционной сети называется падением давления или депрессией выработки.

$$\Delta h_{ст} = P_1 - P_2 = h_1 - h_2.$$

Обследование вентиляторной установки при воздушно-депрессионных съемках следует начинать с изучения их схем для выяснения места расположения ляд, шиберов, обводных каналов, лебедок, лазов, всасывающих будок, путей утечек воздуха и т. д. В соответствии со схемой установки выбираются места замера дебита, давления и пути прохода к ним.

Если лица, проводящие обследование, не являются работниками вентиляционного надзора этой шахты, то они должны работать в сопровождении лица, хорошо знающего обследуемую установку.

При обследовании всасывающих вентиляторов определяются следующие величины:

- 1) полное давление потока в канале вблизи рабочего колеса вентилятора  $H_v$  («статическое давление вентилятора»);
- 2) количество воздуха, проходящего через вентилятор  $Q_v$ ;
- 3) полное давление потока в месте сопряжения вентиляционного канала со стволом  $h_{ш}$ ;
- 4) количество воздуха, поступающего из шахты  $Q_{ш}$ ;
- 5) количество воздуха, поступающего через устье ствола,  $Q_y$ ; определяется как разность  $Q_v - Q_{ш}$ ;
- 6) угол установки лопаток  $\Theta$  и угол наклона направляющего аппарата у центробежных вентиляторов;
- 7) число оборотов вентилятора.

Полное давление потока («статическое давление вентилятора или вентиляторной установки») при всасывающем способе проветривания можно замерить микроманометром, депрессионетром, микробарометром и микробаронивелиром. Один из этих приборов устанавливается на поверхности и соединяется с резиновой трубкой, протянутой через лаз к рабочему колесу вентилятора.

Следует помнить, что на преодоление сопротивления линии всасывания тратится полное вентиляционное давление потока, которое меньше статического на величину скоростного потока.

При обследовании всасывающих вентиляторов (вентиляторных установок) полное давление потока в линии всасывания определяется следующим образом. Замеряется статическое давление потока у вентилятора  $h_{ст}$  с помощью пневмометрической трубки, подсоединенной к шлангу штуцером со знаком (—). Из замеренного статического давления вычитается скоростное давление, рассчитанное по средней скорости в месте замера давления. Этот способ определения неудобен: он требует дополнительного замера сечения, так как место замера количества воздуха в большинстве случаев не совпадает с местом замера давления.

Проще непосредственно замерять полное давление потока, подсоединив резиновый шланг к штуцеру пневмометрической трубки со знаком (+). Для определения величины полного давления следует замерить его в нескольких точках. При замере давления микроманометром (депрессионетром) его штуцер со знаком (+) остается свободным (соединенными с атмосферой). При замере полного давления по-

потока микробаронивелиром резиновая трубка, идущая к месту замера, подсоединяется к штуцеру, от которого отсоединяется осушитель. После взятия отсчета по замеру давления в канале вентилятора резиновый шланг отсоединяется и сразу же берется отсчет при штуцере, сообщенном со свободной атмосферой. При подсоединении пневмометрической трубки через штуцер (+) давление потока определяется по формуле

$$H_{ct_b} = (S_1 - S_2) \alpha + \Delta P_t ,$$

где  $S_1$  — отсчет, приведенный к среднему штиху при замере давления в канале вентилятора;

$S_2$  — отсчет при замере давления в атмосфере;

$\alpha$  — цена деления шкалы прибора;

$\Delta P_t$  — температурная поправка.

При подсоединении шланга к знаку (—) по этой формуле определится статическое давление потока. По такому же принципу делается замер и микробарометром МБ-63.

Для замера  $Q_b$  выбирается ровный участок канала перед вентилятором. Количество воздуха определяется по средней скорости воздушного потока и сечению канала в месте замера скорости. Скорость воздушной струи в канале может быть определена чашечным анометром или пневмометрической трубкой. При замере скорости воздушного потока пневмометрической трубкой следует учитывать неравномерность поля скоростей потока. Для осреднения скорости следует замерять динамическое давление в нескольких точках и рассчитать его среднюю величину. При определении динамического давления потока штуцер пневмометрической трубки со знаком (—) соединяется со штуцером микроманометра, имеющим тот же знак, и, соответственно, штуцер трубки со знаком (+) соединяется со штуцером микроманометра того же знака.

Средняя скорость движения воздуха рассчитывается по формуле

$$V_{cp} = \sqrt{\frac{h_{\partial cp} \cdot 2g}{\gamma}} \quad m/c.$$

При  $\gamma = 1,22$  скорость можно определить по более простой формуле

$$V_{cp} = 4 \cdot \sqrt{h_{\partial cp}} \quad m/c.$$

Полное вентиляционное давление потока в сопряжении вентиляционного канала с шахтой  $h_{ш}$  замеряется так же, как и у вентилятора.

При замере  $h_{ш}$  резиновый шланг, соединенный с прибором, протягивается через ляды людского ходка в стволе.

Если ствол является только вентиляционным и устье его перекрыто наглухо, замер можно сделать, протолкнув шланг без пневмометрической трубы в щели.

Количество воздуха, поступающего из шахты  $Q_{ш}$ , замеряют под стволовом в горизонтальных выработках, из которых воздух поступает в ствол. В штольнях  $Q_{ш}$  замеряется за путями поверхностных утечек (подсосов).

Подсосы воздуха через устье ствола определяются как разность между  $Q_{в}$  вентилятора и  $Q_{ш}$  шахты; число оборотов вентилятора — по технической характеристике приводного электродвигателя или с помощью тахометра.

Угол установки лопаток рабочего колеса вентилятора  $\Theta$  проверяют по их положению относительно конкретных точек при открытых люках кожуха вентилятора.

На основании полученных замеров у всасывающих вентиляторных установок определяется сопротивление вентиляционного канала ( $R_{\kappa}$ ), сопротивление путей подсосов ( $R_y$ ) и наносится точка режима работы вентилятора на его напорную характеристику, которая называется в литературе статической.

Сопротивление канала определяется по формуле

$$R_{\kappa} = \frac{h_{\kappa}}{Q_{\kappa}^2} \quad ,$$

где  $h_{\kappa}$  — падение давления в канале; оно определяется как разность между полным давлением потока у вентилятора («статическим давлением у вентилятора» и вентиляционным давлением на сопряжении канала с шахтой ( $h_{\kappa} = H_{в} - h_{ш}$ ));

$Q_{\kappa}$  — количество воздуха, проходящее через канал, принимается равным  $Q_{в}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Сопротивление путей подсосов определится по формуле

$$R_y = \frac{h_y}{Q_y^2} \cdot \kappa \mu ,$$

В том случае, когда имеется напорная характеристика вентилятора, а не установки в целом, при обследовании вентиляторной установки следует дополнительно замерить давление, затрачиваемое на преодоление сопротивления глушителя, выводного канала и выхода в атмосферу. Полное давление вентилятора тогда будет равно сумме потери давления в линии всасывания и в линии нагнетания. Точка режима работы вентилятора в этом случае наносится на его характеристику, построенную по полному давлению.

При пользовании характеристикой всей вентиляторной установки потеря давления в выводном канале и глушителе

Не замеряются, так как они не входят в характеристику установки.

При обследовании нагнетательной вентиляторной установки в отличие от обследования всасывающей установки замеряется полное вентиляционное давление потока перед вентилятором и за ним, т. е. в линии всасывания и в линии нагнетания. Линией всасывания нагнетательного вентилятора является калорифер, калориферный канал и поворотное колено к вентилятору. Хотя сопротивление линии всасывания незначительно, но, ввиду того, что количество воздуха вентилятора обычно велико, падение давления на стороне всасывания составляет 20—80 кГ/м<sup>2</sup>.

Сопротивление линии всасывания нагнетательного вентилятора определяется по формуле

$$R_{k_{bc}} = \frac{H_{bc}}{Q} \kappa \mu,$$

где  $H_{bc}$  — полное вентиляционное давление потока перед вентилятором в линии всасывания, кГ/м<sup>2</sup>.

На практике часто допускается ошибка, когда вместо полного давления замеряется статическое. В результате замеренное падение давления в линии всасывания и сопротивление всаса получаются значительно завышенными.

Полное вентиляционное давление, затрачиваемое на преодоление сопротивления линии нагнетания  $H_n$ , замеряется у диффузора вентилятора. Полное давление нагнетательного вентилятора  $H$  равно сумме полных давлений, затраченных на преодоление сопротивлений линии нагнетания и линии всасывания.

$$H = H_n + H_{bc}.$$

Дебит нагнетательного вентилятора замеряется перед вентилятором в линии всасывания перед поворотным коленом. Участок канала в месте замера должен быть равным. Если такого участка нет, дебит вентилятора можно определить как сумму количества воздуха в вентиляционном канале и утечек через обводной канал и резервный вентилятор.

Точка режима работы нагнетательного вентилятора должна лежать в этом случае на его напорной характеристике, построенной с учетом динамического давления, так как «динамическое давление вентилятора» тратится на преодоление сопротивления сети.

Сопротивление выхода струи в атмосферу из горных выработок следует относить к сопротивлению сети. Если имеется характеристика вентилятора по «статическому давлению», ее можно пересчитать на характеристику по «полному давлению» прибавлением к ней кривой динамического давления вентилятора.

При наличии характеристики всей нагнетательной вентиляторной установки следует замерить полное вентиляционное давление, затрачиваемое только на стороне нагнетания. Сопротивление линии всасывания в этом случае в расчетную схему не вводится. Однако следует иметь в виду, что геометрические параметры фактической вентиляторной установки иные, чем у типовой, и поэтому потери давления в шахтной установке также не соответствуют потерям, учтываемым при построении характеристики. Точнее будет пользоваться характеристикой вентилятора, построенной по полному давлению, и учитывать все конкретные сопротивления воздуховодов.

По дебиту вентилятора  $Q_v$  и его давлению  $H_v$  наносится точка режима работы вентилятора на его характеристику.

Если точка значительно отстоит от линии характеристики (более 100% по  $Q$  и  $H$ ), то следует проверить замеры и расчеты. Если ошибок в замерах и расчетах не будет, следует снять фактическую характеристику вентилятора и пользоваться ею при расчетах вентиляционной сети.

При обследовании всасывающих вентиляторов точки режима их работы наносятся на характеристику, построенную по давлению, затрачиваемому только на сеть без учета потерь на выходе в атмосферу. Сопротивление вентиляционного канала и путей утечек у нагнетательных вентиляторов определяется так же, как и у всасывающих.

## II. 5. Оформление результатов воздушно-депрессионной съемки

При проведении депрессионной съемки микробарометром результаты замеров и расчетов сводятся в табл. 2, а при непосредственных замерах депрессии микроманометром в табл. 3.

Таблица 3.

«      » 197 г.

Номер станции	Наименование выработки	Отсчет по микроманометру	Разность отсчетов	Коэффициент на угол установки шкалы	Депрессия	Примечание
---------------	------------------------	--------------------------	-------------------	-------------------------------------	-----------	------------

Окончательные результаты съемки сводятся в табл. 4.

Таблица 4.

№№ п-и	Ветви расчетной схемы	Депрессия ветви, $kG/m^2$	Количество воздуха ветви, $Q, m^3/s$	Аэродинамическое сопротивление ветви, $кц$
--------	-----------------------	---------------------------	--------------------------------------	--

Сопротивление отдельных ветвей расчетной схемы определяется по формуле

$$R = \frac{h}{Q^2} \kappa \mu, \quad (\text{II. 14}).$$

где  $h$  — депрессия ветви,  $\text{kG/m}^2$ ;

$Q$  — дебит ветви,  $\text{m}^3/\text{с}$ .

Значение аэродинамических сопротивлений ветвей можно также записать непосредственно на расчетной схеме.

Результаты обследования вентиляторов сводятся в табл. 5.

Таблица 5

№ № п-и	Тип вен- тиля- тора	Место уста- новки	$n$	$\Theta$	$Q_B$	$H_B$	$Q_m$	$H_m$	$R_k$	$R_y$
------------	---------------------------	-------------------------	-----	----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Напорные характеристики вентиляторов следует начертить на миллиметровой бумаге и нанести точки режимов работы вентиляторов. На этом заканчивается оформление результатов съемки.

## II. 6. Составление расчетных схем, анализируемых вариантов проветривания

Расчетные схемы принятых к расчету вариантов осуществляются на основании схемы воздушно-депрессионной съемки внесением в нее новых и исключением ликвидируемых элементов (ветвей, источников движения воздуха).

Расчетная схема определенного варианта должна отражать все предполагаемые изменения в топологии и характеристиках элементов сети.

Сопротивления горных выработок и тех участков существующей вентиляционной сети, которые сохраняются на расчетный период, принимаются по данным воздушно-депрессионной съемки; сопротивления проектируемых выработок — по аналогии с существующими на данной шахте пропорционально длине при одинаковых сечениях и видах крепи.

При отсутствии аналогии сопротивления одиночных выработок могут быть подсчитаны по коэффициентам трения, приводимым в справочниках.

Эквивалентные сопротивления выемочных полей и участков должны приниматься равными сопротивлению приблизительно таких же участков, существующих на момент воздушно-депрессионной съемки. Обязательно одинаковыми должны быть системы разработки, число очистных и обособленно проветриваемых подготовительных забоев, количество

бремсбергов (уклонов) в выемочном поле и их сечение. Длины выработок могут несколько отличаться друг от друга. При отсутствии достаточно близкой аналогии необходимо составить расчетную схему будущего выемочного поля или участка, определить один из вышеизложенных способов сопротивления входящих в эту схему ветвей, а затем с помощью электромодели сопротивление всего участка. Коэффициенты трения для участковых выработок необходимо определять с учетом размещаемого в них оборудования.

Сопротивления вентиляционных сооружений принимаются в соответствии с нормами утечек через них, приведенными в методике расчета количества воздуха.

Если сопротивления вентиляционных сооружений, полученные по данным воздушно-депрессионной съемки, оказались ниже требуемых для обеспечения норм утечек, необходимо провести работу по ремонту и уплотнению имеющихся шлюзов.

Расчет распределения воздуха производится по заводским инструкциям, прилагаемым к электромоделирующим установкам.

В первую очередь рассчитываются схемы проветривания, составленные для наиболее труднопроветриваемых периодов. В результате расчета должны быть определены требуемые режимы работы проектируемых вентиляторов и соответствующие им режимы сохраняемых существующих вентиляторов. При этом определяются места установки и необходимое число ограничительных вентиляционных шлюзов, с помощью которых достигается требуемое распределение воздуха, под которым понимается поступление ко всем рабочим местам шахты не менее расчетного количества воздуха.

В тех случаях, когда сохраняемые вентиляторы снижают свою производительность ниже требуемой, необходимо предусмотреть меры по увеличению их дебита (увеличение числа оборотов или угла установки лопаток рабочего колеса). При невозможности регулирования производится замена существующих вентиляторов на более мощные.

По полученным в результате расчета требуемым режимам работы (количество воздуха  $Q$  и депрессия  $H$ ) производится выбор новых вентиляторов или проверяется соответствие принятых к строительству вентиляторов, если они уже были выбраны ранее. После этого производится проверочный расчет на момент пуска в эксплуатацию выбранных новых вентиляторов и вентиляционных стволов (уклонов).

При необходимости рассчитывается реверсивный режим проветривания с обязательным учетом влияния естественной тяги.

Расчеты рабочих режимов проветривания также производятся с учетом депрессий естественных тяг на время их

максимальных значений. Пренебрегать действием естественной тяги можно только в случаях, когда очевидно, что во всех контурах естественные депрессии составят менее 6% от депрессий контура.

Внесение в расчетные схемы источников давления, моделирующих депрессии естественной тяги, имеет свои особенности и закономерности.

## II. 7. Обработка и накопление информации для расчета вентиляционных сетей на ЭВМ

При существующей методике производства депрессионных съемок большую важность представляют работы по обработке информации, поступающей в ходе съемок. Требования, предъявляемые к любому способу обработки информации, следующие: быстрота, точность счета и удобство пользования.

Для выполнения этих требований необходимо использовать современную вычислительную технику. Рассмотрим способ обработки информации с использованием ЭВМ «Минск-22».

В основу способа положена схема:

- 1) заполнение документов;
- 2) расчет по элементарным формулам;
- 3) накопление необходимой информации.

Первый этап выполняется непосредственно в шахте. Данные замеров записываются в журналы (табл. 6; 7), форма которых очень удобна, так как позволяет использовать данные журналы при подготовке информации к виду, удобному для ввода в машину.

Всего имеется шесть массивов информации. Первый массив содержит код сети и число оборотов анемометра.

Пример 3000) — 1,2

3001) — 1,821

3002) — 1,3

3003) — 4,672

3004) — 4,432

В данном примере число со знаком (—) — закодированный элемент, соединяющий узлы сети 1 и 2, причем, воздух движется от левого индекса к правому. Цифра 1, приписываемая справа, обозначает номер анемометра, которым производился замер. На элементе 1,3 производилось два замера числа оборотов анемометра № 2. Максимальное число анемометров, предусмотренных программой, равно четырем, соответственно которым приписываются признаки: 1, 2, 3 и 4.

Второй массив содержит параметры, характеризующие поперечное сечение выработки в свету:

$b$  — ширина выработки или средняя линия;

$h_b$  — высота выработки;

Таблица 6

Шахта							
197 г.				Исполнитель:			
МС ① $V = \alpha \cdot n + b$				АСО ② $V = \alpha \cdot n + b$			
<input type="checkbox"/> Арочное <input type="checkbox"/> Сводчатое <input type="checkbox"/> Трапеция <input checked="" type="checkbox"/> Круглое							
Адрес	код сети При об/с типа метра	1-я отсчет	2-я отсчет	Разность отсчетов	Адрес	$\frac{b}{d}$	Тип сече- ния
3000)	-1,2	1345	1547	202	5500	3,25	1
3001)	2,0	2	1547	1745	198	5501	4,12
3002)	-2,3	4720	5965	1245	5502	2,43	3
3003)	12,4	1	5965	7200	1235	5503	3,05

Таблица 7

Шахта							
197 г.				Исполнитель:			
Код сети	Адрес	$\frac{b}{d}$ элемен-та	К	Верхний отсчет	Нижний отсчет	$\Delta h$ отсчет	Адрес
1,2	14000)	0,5	0,2	22	20	0,4	17000)
			0,3	20	18	0,6	
2,3	14001)	395	0,2	40	20	4,0	17001)
			0,3	31	18	3,9	
							100

$d$  — диаметр для круглого сечения.

Сечение выработок определяется по формулам:

- (1)  $S = 0,87 \times \pi \times h_b$  — для арочного вида крепи;
- (2)  $S = 0,66 \times \pi \times h_b + S_o$  — для сводчатого вида крепи;
- (3)  $S = \pi \times h_b$  — для трапециевидной и прямоугольной крепи;

$$(4) S = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{— для круглого сечения.}$$

$S_0 = b_0 x h_{b_0}$  — площадь прямоугольной части сводчатого сечения.

Пример: 5500) 5,26  
 5501) 3,1  
 5502) 1,893  
 5503) 1,85  
 5504) 2,14  
 5505) 1

В данном примере в первую ячейку массива записана величина  $b$ ; справа к ней приписывается цифра, определяющая формулу, по которой вычисляется сечение: цифре 1 соответствует вычисление по формуле (1), цифре 2 — по формуле (2) и т. д. В следующей ячейке записывается величина  $h_b$ . Затем следует пара величин  $b$  и  $h_b$  следующего замера. Если сечение круглое, то в первой ячейке записана величина диаметра с признаком 4, в следующей ячейке записывается 1.

Третий массив содержит величины депрессий элементов в мм вод. ст.

Пример: 14000) 1,2  
 14001) 2,3

В четвертый массив входят величины длин элементов в метрах

Пример: 17000) 100  
 17001) 200

Пятый массив содержит величины коэффициентов анемометров.

Известно, что характеристика анемометра определяется выражением

$$V = a \cdot n + \vartheta,$$

где  $a$  и  $\vartheta$  — коэффициенты анемометров.

Пример: 1750) 0,97  
 1751) 0,4  
 1752) 0,33  
 1753) 0,3

Если числу оборотов был приписан признак I, то вычисление скорости производится по формуле

$$V = 0,97n + 0,4,$$

где  $n$  — число оборотов анемометра № 1.

Шестой массив исходных данных содержит величины добавочных сечений

Пример: в 10-м замере сечения необходимо вычесть площадь, занимаемую вагонеткой ( $1 \text{ м}^2$ ).

11010) +1

## Распределение памяти ЭВМ «Минск-22» для исходной информации

Первый массив занимает	3000	÷	5477 ячеек МОЗУ
Второй	5500	÷	7777 →—
Третий	14000	÷	14777 →—
Четвертый	17000	÷	17777 →—
Пятый	1750	÷	1757 →—
Шестой	11000	÷	11777 →—

Свободные ячейки используются для формирования массивов, выдаваемых на АЦПУ.

Таблица 8.

$\# \#$	Код	Наименование	$Q, m^3/s$	$\dot{Q}, m^3/\text{мин}$	$H, mm$	$A = \frac{1}{V \cdot R}$	$R, \text{кн}$	$R_{\text{уд}}, \text{кн}$	$L, m$
п-п	сети	выработка							

Получаемая информация представлена в табл. 8. Блок-схема программы изображена на рис. 10. Программа—приложение 1.

### ИНСТРУКЦИЯ ДЛЯ ОПЕРАТОРА

1. Ввести в МОЗУ исходные данные, за исключением массива величин коэффициентов анемометра.
2. Ввести в МОЗУ программу первичной обработки замеров.
3. Ввести в МОЗУ коэффициенты анемометров. Включить БМП, АЦПУ.
4. Сделать общее гашение, занести в СЧАК — 2000.
5. Перейти в режим «Автомат». Пуск.
6. Идет выдача на БМП исходной информации. Останов в СЧАК-2072.
7. Включить клавишу «Блокировка переполнения».
8. Пуск с предыдущего останова.
9. Идет счет и выдача результатов на БМП и АЦПУ. Останов в СЧАК-410.
10. При необходимости выдачи 2-го экземпляра решения занести в СЧАК-1772. Пуск. Останов—410.
11. Для получения результатов счета с наименованиями выработок записать в ячейку 1764 ноль после выполнения пункта 3; включить фотоввод; поставить на фотоввод ленту с названиями выработок; выполнить пункты 4-10.

### 2. Способ обработки информации с использованием ЭВМ «НАИРИ-2»

Обработка состоит из двух частей:

1 часть. Конечная цель — получение значений узловых депрессий.

2 часть. Конечная цель — получение значений депрессий

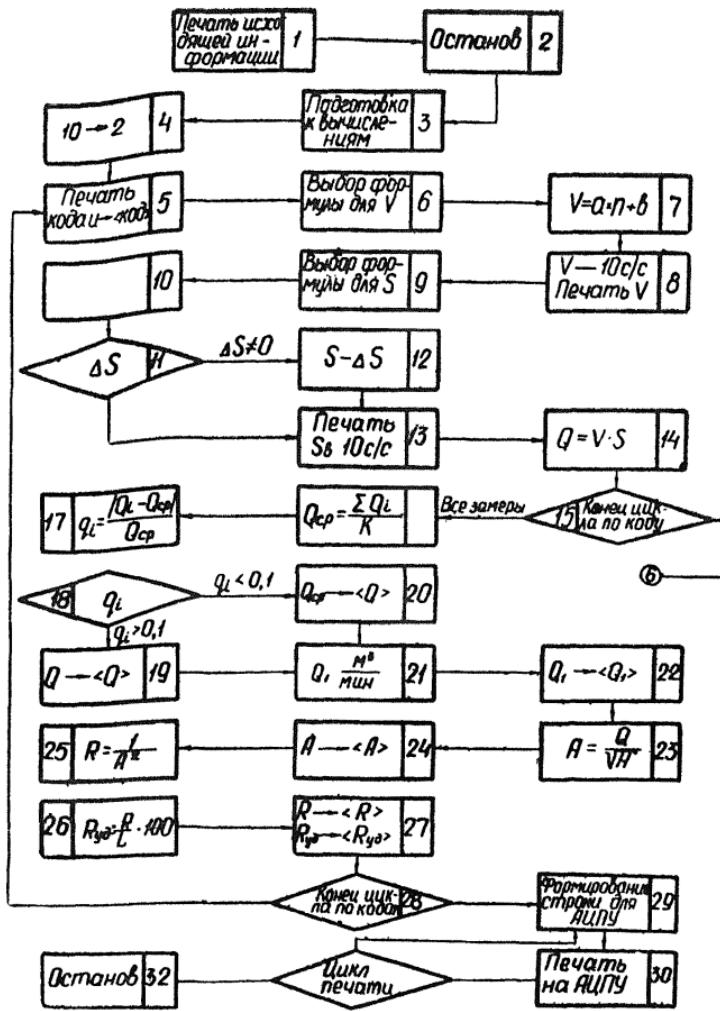


Рис. 10. Блок-схема программы обработки и накопления информации.

элементов, скорости движения воздуха, сечений выработок, дебитов воздуха, аэродинамических сопротивлений ветвей; и предполагает прохождение двух этапов:

- заполнение документов;
- подготовку к обработке, непосредственную обработку с выдачей результатов.

Первый этап выполняется непосредственно в шахте, данные замеров записываются по форме, представленной в табл. 9 (I часть) и табл. 10 (II часть). Запись по предлагае-

Шахта \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

№№ п-п	Номера точек		Отсчеты давления по приборам в точках $N_j$	Поправки на температуру прибора, $\text{кг}/\text{м}^2 \Delta N_j$	Отсчеты давления по прибору, регистрирующему изменение атмосферного давления $a_j$	Геодезические отметки точек, $m M_j$	Усредненное значение удельного веса воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3 \gamma_{i,k}$	Количество узлов вентиляционной сети $A_j$
	ад- рес	500 599	600— 699	700— 799	800— 899	365	390	
1	2	3	4	5	6	7	8	

П р и м е ч а н и е: МБ 61 — № 1  
МБ143 — № 2  
МБ148 — № 3  
МБ155 — № 4  
МБ169 — № 5

Шахта \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

№№ п-п	Элементы	Узловые де- прессии эле- ментов $H_i$		Отсчеты по анемометру $n_i$		Номера анемометров, которыми производится замер $k_j$	Замер сечения $S_i$		
		начало	конец	первый	второй		$h_{s_i}$ , $m$		номера формул $P$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		100+ 299	300+ 499	500+ 699	700+ 899	900+ 1099	1100+ 1299	1300+ 1499	1500+ 1699

мой форме удобна при подготовке информации по вводу в машину.

Таблица 9.

Номер прибора, которым производятся замеры в шахте $n_l$	Номер прибора, которым производится регистрация изменения атмосферного давления $n_e$	Минимальное значение, атмосферного давления относительно которого определяется поправка, $\text{kg}/\text{m}^2 Q$	Геодезическая отметка «нулевой» точки, $l$ $\kappa$	Величина давления в «нулевой» точке, $\text{kg}/\text{m}^2 \Gamma$	Величина узловой депрессии	Примечание
391	397	398	399	475		
9	10	11	12	13	14	15

Таблица 10.

Номера анемометров и их характеристики				Вычисленные геометрические аэродинамические параметры элемента					
$a_k$	$b_k$	$c_k$	номера анемометров	Число элементов в сети, $A$	депрессия, $H_l$ , $\text{мм}$ вод. ст.	скорость движения воздуха $V_l$ , $\text{м}/\text{с}$	сечение $S_l$ , $\text{м}^2$	дебит $Q_l$ , $\text{м}^3/\text{с}$	аэродинамическое сопротивление $R_l$ , $\text{кП}$
40 $\div$ 54	55 $\div$ 69	70 $\div$ 84	85 $\div$ 99	39					
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

I часть. Алгоритм предусматривает получение узловых депрессий относительно одной точки («нулевой»), взятой на поверхности или в шахте при депрессионных съемках отечественными приборами типа МБ-63-II. В общем виде вычисление узловых депрессий производится по формуле

$$H_j = P_{\text{пп}_j} + Q_j \pm \Delta h_j \gamma \pm \Delta N_j - T \text{ кг/м}^2, \quad (\text{П. 15}).$$

где  $H_j$  — величина определяемой узловой депрессии,  $\text{кГ/м}^2$ ;

$P_{\text{пп}_j}$  — вычисленный отсчет замеренного давления в точке без поправок,  $\text{кГ/м}^2$ ;

$Q_j$  — поправка на изменение атмосферного давления,  $\text{кГ/м}^2$ ;

$\Delta h_j \gamma$  — поправка на превышение,  $\text{кГ/м}^2$ ;

$\Delta N_j$  — поправка на температуру прибора,  $\text{кГ/м}^2$ ;

$T$  — вычисленный отсчет давления в «нулевой» точке,  $\text{кГ/м}^2$ .

Всего имеется 11 массивов информации. Первый массив содержит отсчеты давления по приборам в точках замера.

Пример: 500 п

90,63 95,17 100,17 ...ш

Второй массив  $\Delta N_j$  содержит поправки на температуру прибора, которые определяются по графикам, прилагаемым к приборам.

Пример: 600 п

0,1 0,2 0,1 1,0 ...ш

Третий массив  $a_j$  содержит отсчеты давления по прибору, регистрирующему изменение атмосферного давления.

Пример: 700 п

100,28 103,14 102,30 ...ш

Четвертый массив  $M_j$  содержит геодезические отметки, точек, м.

Пример: 800 п

128,0 135,6 147,1 ...ш

Пятый массив  $\gamma$  состоит из усредненного значения удельного веса воздуха.

Пример:

365 п

1,2 ш

Шестой массив  $A_i$  состоит из указания количества узлов в вентиляционной сети.

Пример:

390 т

47 ш

Седьмой массив  $n_l$  содержит номер прибора, которым производятся замеры в шахте.

П р и м е р:

391 т  
2 ш

Восьмой массив  $n_e$  содержит номер прибора, которым производится регистрация изменения атмосферного давления.

П р и м е р:

397 т  
3 ш

Девятый массив  $Q$  содержит минимальное значение атмосферного давления, относительно которого определяется поправка,  $кГ/м^2$ .

П р и м е р:

398 п  
9926,7 ш

Десятый массив  $K$  содержит геодезическую отметку «нулевой точки, м.

П р и м е р:

399 п  
228,3 ш

Однинадцатый массив  $T$  содержит величину давления в «нулевой» точке,  $кГ/м^2$ .

П р и м е р:

475 п  
9987,4 ш

**Распределение памяти ЭВМ «Наири-2» для исходной информации:**

Первый массив занимает	500	÷	599 ячеек ОЗУ
Второй	600	÷	699 —»—
Третий	700	÷	799 —»—
Четвертый	800	÷	899 —»—
Пятый	365		ячейку ОЗУ
Шестой	390		—»—
Седьмой	391		—»—
Восьмой	397		—»—
Девятый	398		—»—
Десятый	399		—»—
Однинадцатый	475		—»—

Получаемая информация выводится на узкую ленту и заносится в графу 14 табл. 9. Блок-схема программы изображена на рис. 11.

Программа — приложение 2.

Программа составлена для микробарометров, имеющих определенные тарировочные графики, и рассчитана на 5 приборов с регистрацией у каждого из них Ск (цен деления,  $мм вод. ст.$ ) и Рк (значений давлений  $мм вод. ст.$ ), начиная с интервала 65.

Прибор № 1

Ск — 300÷312 ячеек ОЗУ  
Рк — 400÷412 —»—

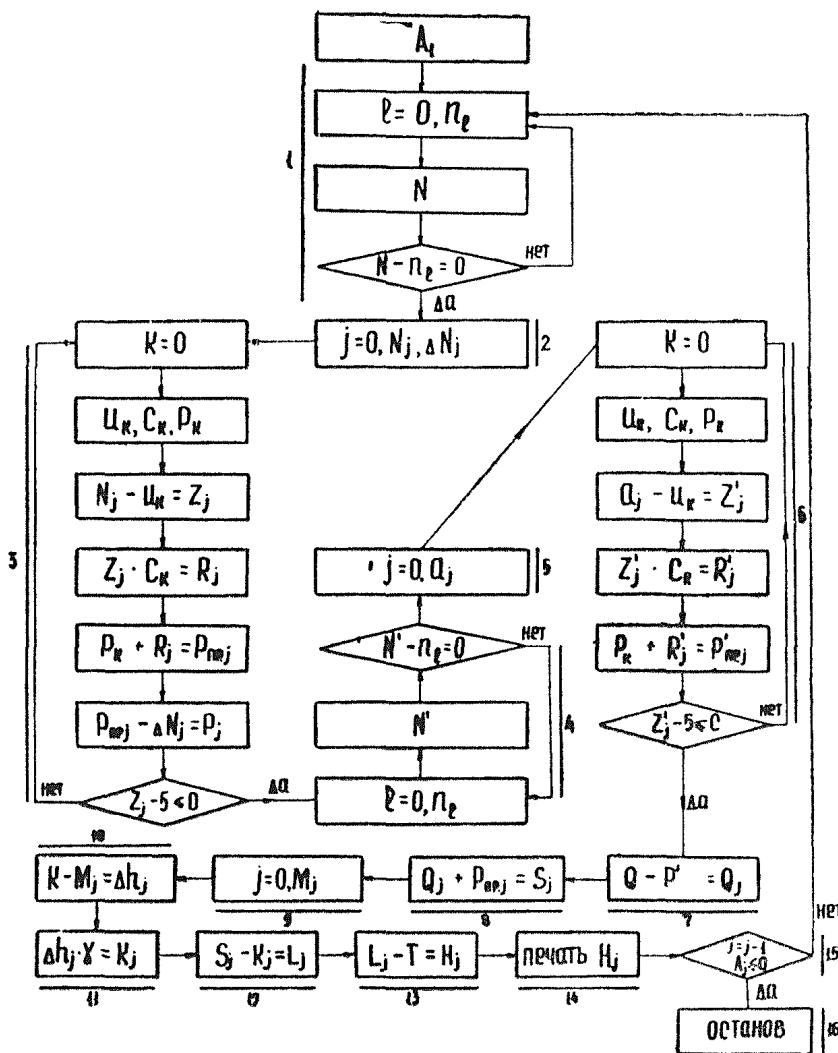


Рис. 11. Блок-схема программы обработки результатов воздушно-депрессионной съемки (1 часть).

Прибор № 2  
 Ск — 313  $\div$  325 ячеек ОЗУ  
 Рк — 413  $\div$  425 —»—

Прибор № 3  
 Ск — 326÷338 ячеек ОЗУ  
 Рк — 426÷438 ячеек ОЗУ

Прибор № 4  
Ск —  $339 \div 351$  ячеек ОЗУ  
Рк —  $439 \div 451$  —»—

Прибор № 5  
Ск —  $352 \div 364$  ячеек ОЗУ  
Рк —  $452 \div 464$  —»—

В случае применения микробарометров с другими тарировочными графиками необходимо в программе заменить содержимое указанных ячеек в соответствии с тарировочными графиками применяемых приборов.

### Инструкция для оператора

1. Ввести в ОЗУ программу, для чего:
  - вставить перфоленту в перфоратор;
  - нажать клавишу «ПУСК-1»;
  - нажать клавишу «ФСМ».
2. Ввести в ОЗУ исходные данные, для чего:
  - нажать клавишу «ПУСК-1»;
  - ввести исходные данные в ОЗУ в соответствии с адресами массивов.
3. Отбить 1200 И.
4. Нажать клавишу «ПУСК».

## II часть

Всего имеется 6 массивов информации.

Первый массив  $H_i$  содержит значения узловых депрессий элементов в местах их сопряжения. Вначале вносятся все значения, соответствующие началу элементов, затем — значения, соответствующие месту входа элемента в узел.

Пример:

100п					
—15,2	14,0	76,2	—120,7	...ш	
300 п					
—17,6	157,3	—18,9	...ш		

Второй массив  $n_i$  содержит отсчеты по анемометру. Вначале вносятся все первоначальные отсчеты в соответствии с порядком записи элементов в таблицу. Затем вторые отсчеты в том же порядке.

Пример

500 п					
120	176	63	...ш		
700 п					
140	201	75	130	...ш	

Третий массив  $K_j$  содержит номера анемометров, которыми производятся замеры.

П р и м е р

900 м  
4 2 3 5 2 ...ш

Четвертый массив  $S_i$  характеризует сечение выработок, которое определяется по формулам:

(1)  $S = 0,87\pi b h_b - 0,4$  — для арочного вида крепи;  
 (2)  $S = 0,785\pi b h_b - 0,4$  — для коробового свода;  
 (3)  $S = \pi b h_b - 0,4$  — для трапециевидного, прямогоугольного;

$$(4) S = \frac{\pi b^2}{4} - 0,4 \quad \text{— для круглого,}$$

где  $b$  — ширина выработки или средняя линия, м;  
 $h_b$  — высота выработки, м.

Вначале в соответствии с порядком записи элементов сечения в таблицу вносятся все значения  $b_i$  затем  $h_{b_i}$  и в последнюю очередь номера формул  $P_n$ , по которым необходимо производить расчет сечения.

П р и м е р

1100 п  
2,7 3,1 4,0 3,9 ...ш  
1300 п.  
2,5 2,0 3,2 2,7 ...ш  
1500 м  
1 2 3 4 ...ш

Пятый массив содержит номера анемометров  $B_j$  и их характеристики  $a_k$ ,  $b_k$ ,  $c_k$  (рис. 12).

П р и м е р

40 п  
2,7 3,6 4,5 ...ш  
55 п  
1,2 0,8 1,4 ...ш  
70 п  
3,2 1,8 0,9 ...ш  
85 м  
1 2 3 4 5 ...ш

Шестой массив  $A$  содержит число рассчитываемых элементов.

П р и м е р

39 м  
76 ш

#### Распределение памяти ЭВМ «Наири-2» для исходной информации

Первый массив занимает

100  $\div$  299, 300  $\div$  499 ячеек

Второй  $\rightarrow$

500  $\div$  699, 700  $\div$  899 ячеек

Третий  $\rightarrow$

900  $\div$  1099 ячеек

Четвертый  $\rightarrow$

1100  $\div$  1299, 1300  $\div$  1499, 1500  $\div$  1699

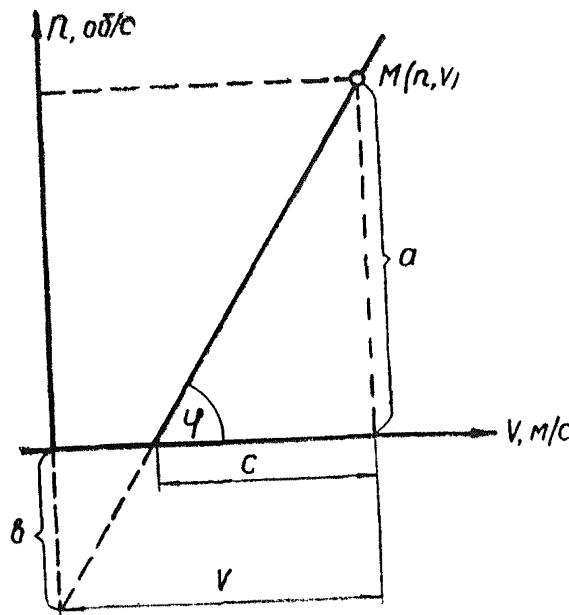


Рис. 12. К заданию характеристики анемометра.

Четвертый  $\rightarrow 1100 \div 1299$   $1300 \div 1499$   $1500 \div 1699$   
 Пятый  $\rightarrow 40 \div 54$ ;  $55 \div 69$ ;  $70 \div 84$ ;  $85 \div 99$  ячейк  
 Шестой  $\rightarrow 39$  ячейку

Получаемая информация выводится на узкую ленту и заносится в графы 16—20 табл. 10. Блок-схема программы изображена на рис. 13. Программа — приложение 2.

#### Инструкция для оператора

1. Ввести в ОЗУ программу, для чего:
  - вставить перфоленту в перфоратор;
  - нажать клавишу «ПУСК-1»;
  - нажать клавишу «ФСМ»;
2. Ввести в ОЗУ исходные данные, для чего:
  - нажать клавишу «ПУСК-1»;
  - ввести исходные данные в ОЗУ в соответствии с адресами массивов.
3. Отбить 1700 И.
4. Нажать клавишу «ПУСК».

#### II. 8. Внесение естественной тяги в расчетные схемы комбинациями условных вентиляторов

Всякую вентиляционную сеть можно рассматривать как систему, состоящую из замкнутых контуров.

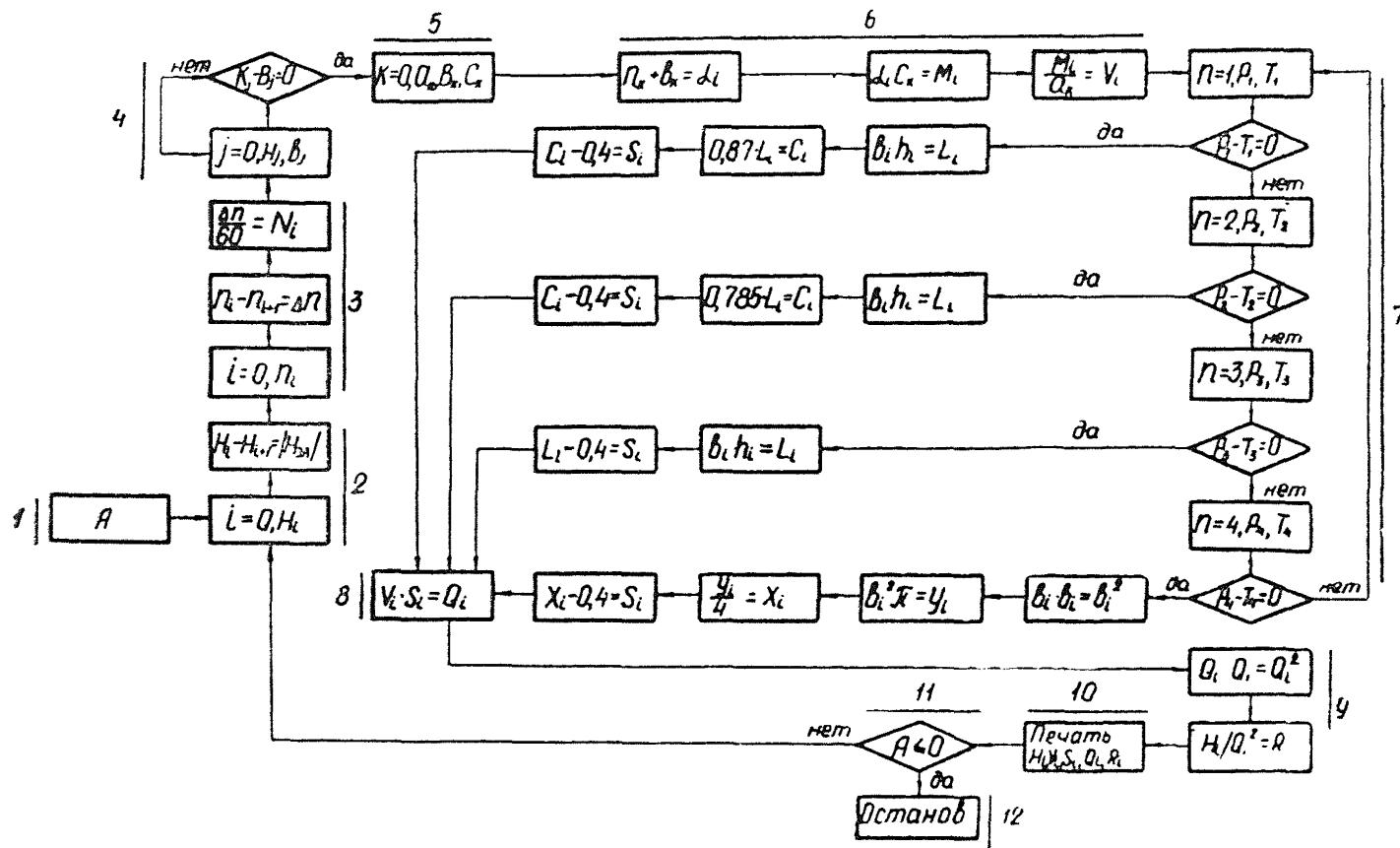


Рис. 13. Блок-схема программы обработки результатов воздушно-депрессионной съемки (II часть).

При плоскостном изображении сети следует разделять элементарные и сложные контуры. Первые не содержат внутри себя ветвей или других контуров, вторые — содержат. На рис. 14 контуры 0-1-3-0, 1-2-5-4-3-1 будут элементарными, контур 0-1-2-5-4-0 — сложным и т. д. Элементарные контуры в расчетной схеме разделяются на внутренние и внешние. У внутренних контуров все ветви смежные, у внешних — одна или несколько ветвей внешние.

В вентиляционной сети все контуры аэродинамически связаны между собой. Всякий источник депрессии, включенный в одну из ветвей, действует во всех контурах. Суммарный режим движения воздуха в сети определяется совокупным действием различных источников. Депрессии, обусловленные гравитационными силами воздуха, также взаимосвязаны. Вследствие этого естественная депрессия одного направления (контура) не характеризует совокупного действия в сети всех гравитационных сил воздуха. Для правильного учета депрессий естественной тяги их следует рассматривать в каждом элементарном контуре сети  $h_{ek}$ . Естественные депрессии, обусловленные гравитационными силами воздуха, являются рассредоточенными источниками давления. При расчете же вентиляционных сетей любой источник депрессии должен представляться в расчетной схеме как сосредоточенный, имеющий определенное место приложения и характеристику.

Энергия вентиляторов и энергия естественной тяги одинаково тратится на преодоление сил трения воздуха в ветвях. На этом основании рассредоточенные источники могут заменяться сосредоточенными, подобными вентиляторам с характеристикой  $h = \text{const}$ . Число условных вентиляторов, величина депрессий и место приложения должны определяться со строгим учетом определенных правил. Одна и та же естественная тяга в сети может быть выражена различными комбинациями условных вентиляторов. Знание величин и направлений действия естественных депрессий контуров еще не дает общей модели естественной тяги.

Наличие смежных ветвей приводит к тому, что один и тот же условный вентилятор действует в двух элементарных контурах. При наличии внутренних контуров невозможно внести условные вентиляторы, так, чтобы в каждом элементарном контуре естественная депрессия выражалась только одним источником.

Для правильного учета действия тепловой депрессии должно выполняться следующее условие: в каждом контуре алгебраическая сумма депрессий вводимых источников должна равняться по величине естественной тяге этого контура и действовать в том же направлении, т. е.

$$\Sigma h_m = h_{ek} , \quad (\text{II. 16}).$$

где  $\Sigma h_m$  — алгебраическая сумма депрессий условных вентиляторов в замкнутом контуре;

$h_{ek}$  — естественная депрессия контура.

При рассмотрении очередного элементарного контура в нем уже могут иметься условные вентиляторы, вошедшие из смежных контуров. Выражение, приведенное выше, в таком случае запишется

$$\Sigma h_{cm} \pm h_m = h_{ek}, \quad (II. 17)$$

где  $\Sigma h_{cm}$  — алгебраическая сумма депрессий условных вентиляторов, вошедших в рассматриваемый контур из смежных контуров;

$h_m$  — депрессия источника давления, вводимого в рассматриваемый контур.

Абсолютная величина депрессии условного вентилятора, вводимого в очередной контур, определяется по формуле

$$h_m = h_{ek} \pm \Sigma h_{cm}$$

Знак (+) перед вторым слагаемым ставится, если  $\Sigma h_{cm}$  действует встречно  $h_{ek}$  и наоборот. Если величина  $h_m$  получается отрицательной, то условный вентилятор включается в расчетную схему встречно  $h_{ek}$ .

Моделирование может начинаться с любого элементарного контура.

В первом контуре  $h_m = h_{ek}$  и источник с такой депрессией может включаться в любую его ветвь. Для последующих контуров на выбор ветвей, в которые вводится  $h_m$ , налагается следующее ограничение: источник  $h_m$  не должен включаться в ветви, входящие в контуры, в которых естественная тяга уже смоделирована, и в контуры с  $h_{ek} = 0$ .

Пример: Имеется вентиляционная сеть (рис. 14). Давления воздушных столбов единичного сечения и аэродинамические сопротивления ветвей представлены в табл. 11.

Таблица 11.

Ветви	Вес единичного столба воздуха, $kG/m^2$	Сопротивление, $k\mu$	Дебит, $m^3/c$
0—1	30	0,0075	20
0—2—5	35	0,0247	18
1—3	0	0,75	2
0—3	55	0,04	5
3—4	0	0,0425	7
0—4	70	0,0102	14
4—5	30	0,0425	7
5—6—0	100	0,033	11
—	20	—	—
—	30	—	—
—	20	—	—

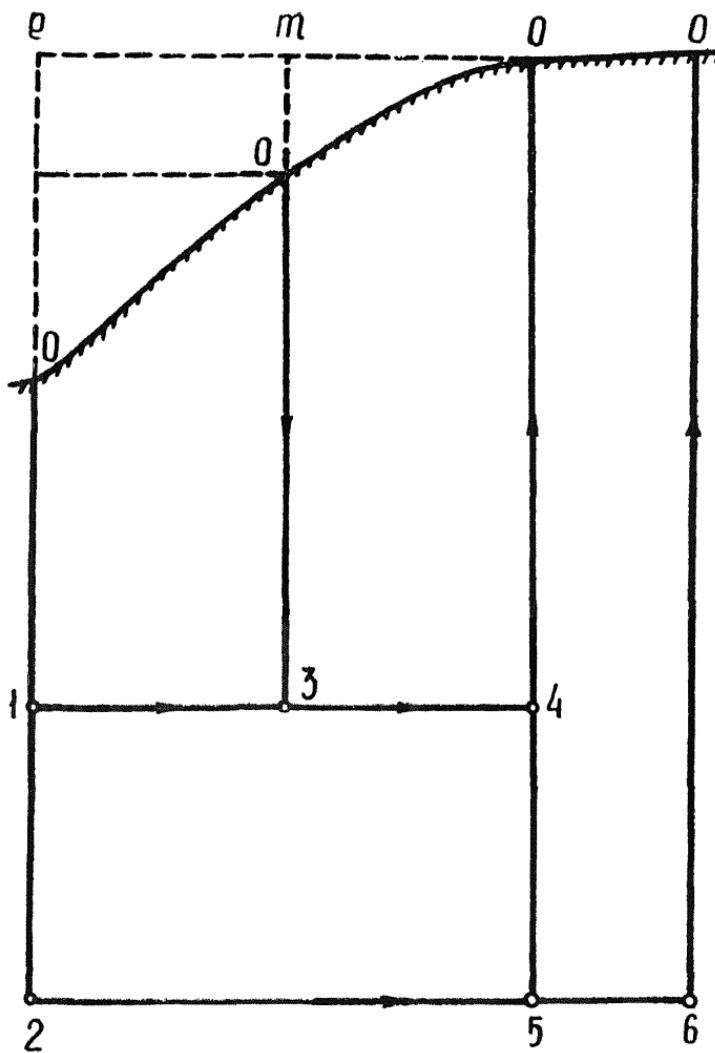


Рис. 14. Схема к определению естественных депрессий.

Расчетная схема изображается в виде замкнутых контуров (рис. 15). Величины естественных депрессий в элементарных контурах определяются с учетом веса столбов воздуха в свободной атмосфере.

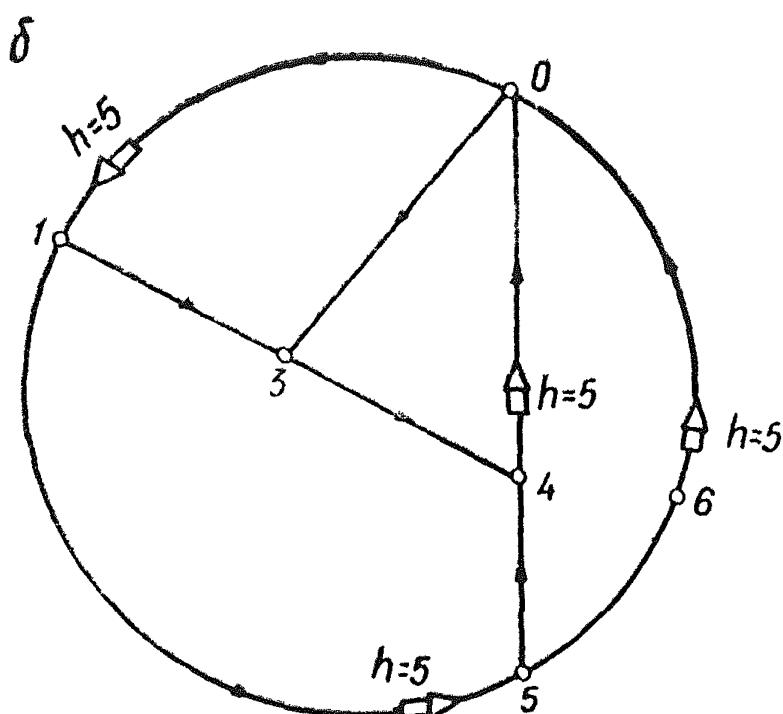
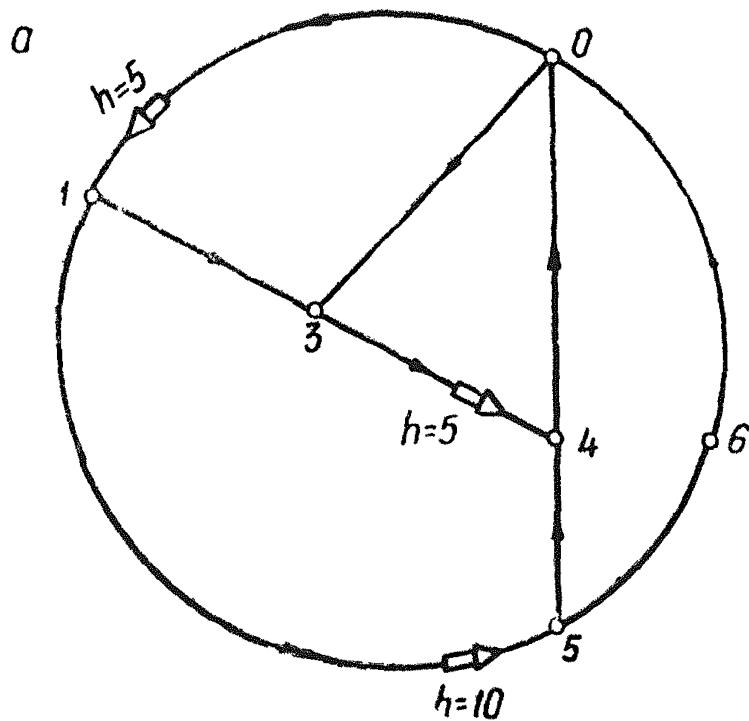


Рис. 15. Расчетные схемы вентиляционной сети с различными комбинациями источников давления, моделирующих естественную тягу.

Контур 0-1-3-0.  $h_{ek} = P_{n=0} + P_{0-1} - P_{0-3} = 30 + 30 - 55 - 5$ ;  $h_{cm} = 0$ ;  $h_m = 5 \pm 0 = 5$ . Условный вентилятор с депрессией  $h_m$  включается в ветвь 0-1 (рис. 15, а) в направлении действия  $h_{ek}$ .

Контур 0-3-4-0.  $h_{ek} = 20 + 55 - 70 = 5$ ;  $h_{cm} = 0$ ;  $h_{m2} = 5 \pm 0 = 5$ . Условный вентилятор с  $h_{m2}$  включается в ветвь 3-4, так как ветвь 0-3 входит в рассмотренный контур, а ветвь 0-4 в контур с  $h_{ek} = 0$ .

Контур 1-5-4-3-1.  $h_{ek} = 35 - 30 = 5$ ;  $h_{cm} = +5$ ;  $h_{m3} = 5 + 5 = 10$ , вводится в ветвь 1-5.

Контур 0-4-5-6-0.  $h_{ek} = 70 + 30 - 100 = 0$ ;  $h_{cm} = 0$ ;  $h_m = 0$ .

При изменении порядка рассмотрения контуров и выбора ветвей для включения  $h_m$  естественная тяга выражается другой комбинацией условных вентиляторов. Один из вариантов представлен на рис. 15, б. В нем  $h_m$  введен в контур 0-4-5-6-0, в результате чего естественная тяга задана четырьмя условными вентиляторами вместо трех.

В рассмотренной схеме (рис. 14) все контуры лежат в одной вертикальной плоскости. Реальные сети являются объемными, в них контуры находятся в разных плоскостях. При составлении расчетной схемы объемная сеть изображается в виде плоскостной. Элементарные контуры объемной сети при плоскостном изображении могут стать сложными и наоборот. Одной объемной схеме соответствует несколько вариантов плоскостного изображения. В каждом из вариантов элементарные контуры и их комбинации различны.

Для правильного моделирования естественной тяги достаточно принять за расчетную схему один из вариантов плоскостного изображения сети, определить в его элементарных контурах величины  $h_{ek}$  и по изложенной выше методике внести условные вентиляторы.

Величины естественных депрессий элементарных контуров определяются, исходя из реальных или прогнозируемых тепловых условий с использованием термодинамического или гидростатического метода, как показано на примере.

## II. 9. Задачи, при решении которых необходимо учитывать естественные депрессии

Естественные депрессии в отдельных случаях могут оказывать большое влияние на режим движения воздуха в ветвях сети, даже определять направление струй. В других случаях это влияние не имеет существенного значения. Влияние естественных депрессий на режимы проветривания определяется не только их абсолютной величиной, но и местом действия.

Степень влияния естественных депрессий в контурах сети определяется отношением  $h_{ek}/h_{tr}$ , где  $h_{tr}$  — величина депрессии затрачиваемой в ветвях контура с движением воздуха в сторону действия  $h_{ek}$ . Действием естественной тяги можно пренебречь, если в анализируемой сети выполняется условие

$$\frac{h_{ek} \cdot 100}{h_{tr}} < C \quad ,$$

где  $C$  — допустимая погрешность в расчете по депрессии, %.

Это условие не выполняется при всех способах и режимах проветривания в шахтах, вскрытых штольнями, в шахтах с нагнетательным проветриванием без вентиляционного горизонта, когда устья отдельных выходов на поверхность имеют превышения между собой более 10—15 м. При реверсивных режимах проветривания депрессии вентиляторов резко снижаются и депрессии естественной тяги составляют значительную часть в балансе депрессий отдельных контуров.

Естественные депрессии необходимо учитывать:

- при расчете распределения воздуха в шахтах, проветриваемых через штольни;
- при расчете реверсивных режимов проветривания всех шахт;
- при расчете проектируемых рабочих режимов вентиляции шахт с нагнетательным способом проветривания для проверки устойчивости направлений струй на отдельных шурфах или бремсбергах;
- при выборе главных вентиляторов для глубоких шахт и шахт, проветриваемых через штольни;
- при анализе режимов проветривания, когда действие естественной тяги неизвестно.

## II. 10. Методы учета естественных депрессий при выборе вентиляторов

Существующие рекомендации по расчету естественной тяги при выборе вентилятора заключаются в том, что ее депрессия, подсчитанная для различных времен года, прибавляется к депрессии шахты или отнимается (в зависимости от ее направления). Вентилятор выбирается на депрессию  $h_b = h_{ш} \pm h_e$ . Эквивалентное отверстие шахты с учетом  $h_e$  определяется по формуле

$$A = \frac{0,38Q}{\sqrt{h_{ш} \pm h_e}}$$

Такой метод учета естественной тяги приемлем при действии в сети одной естественной депрессии. В общем случае, когда в сети действуют совместно несколько вентиляторов и естественных депрессий, такой подход неприемлем. Величина  $h_e$  любого направления (контура) не характеризует общего действия естественной тяги. В связи с этим в сечениях с несколькими источниками депрессии нельзя определить и эквивалентное отверстие. Эквивалентное отверстие выработки или системы выработок является единицей их аэродинамического сопротивления. Соотношение между эквивалентным отверстием  $A$  и сопротивлением, выраженным в киломюргах  $R$ , определяется формулой

$$A = \frac{0,38}{\sqrt{R}}$$

или

$$R = \frac{0,144}{A^2}$$

Следовательно, по величине эквивалентного отверстия ветви можно построить ее аэродинамическую характеристику в виде параболы.

При действии в сети нескольких источников депрессии суммарная характеристика относительно любой точки будет активизирована. Например, при параллельной работе двух фланговых вентиляторов характеристика относительно точки подключения любого вентилятора будет иметь вид сложной кривой, не проходящей через начало координат. Если на этой кривой брать различные точки и по их координатам  $H$ ,  $Q$  определять сопротивление в эквивалентных отверстиях или мюргах, то его величины будут различны. Это означает, что активизированная характеристика сети не выражается величиной эквивалентного отверстия. Такая характеристика складывается не только из характеристик отдельных ветвей, являющихся параболами, но также и из характеристик активных элементов сети. Следовательно, понятие эквивалентного отверстия для всей сети при наличии в ней нескольких источников депрессий в его обычном значении не применимо. Можно лишь условно определять величину эквивалентного отверстия, на которое работает каждый вентилятор при каком-то конкретном режиме. При изменении режима работы хотя бы одного вентилятора эквивалентные отверстия для всех вентиляторов изменяются.

При анализе влияния естественных депрессий на режим работы выбиравшегося вентилятора следует учитывать суммарное действие всех источников депрессии в сети. Этого можно достигнуть путем определения изменения результи-

рующих характеристик сети под действием естественных депрессий.

Моделирование естественных депрессий комбинациями условных вентиляторов дает возможность построить характеристики сети с учетом естественной тяги. После внесения в схему условных вентиляторов становится определенным место приложения и характеристики всех элементов сети. Имея характеристики отдельных элементов сети, можно построить ее результирующую характеристику.

Для построения результирующих (суммарных) характеристик сети могут использоваться методы: графо-аналитический, графический и электромоделирования. Графо-аналитический метод имеет только теоретическое значение. Графический метод применим только для сетей с параллельно-последовательным соединением ветвей при незначительном их числе. При наличии диагоналей этот метод не применим без специальных упрощений. Для определения наличия диагоналей в сети следует использовать приведенный ниже критерий. Сеть не содержит диагоналей, если в результате ее упрощений путем сложения характеристик отдельных элементов все элементарные контуры можно представить состоящими не более чем из двух ветвей. Если же после всех возможных упрощений хотя бы один контур будет состоять более чем из двух ветвей, следовательно, сеть содержит диагонали. При использовании этого критерия достаточно проследить мысленно возможный порядок упрощений.

В одной и той же сети могут выбираться вентиляторы для различных мест их установки. Характеристики при этом будут различными. Следует уточнить существующее положение, что число характеристик сети равно числу выходов на поверхность. Действительно, относительно каждого выхода на поверхность можно построить характеристику. Однако число характеристик сети этим не исчерпывается. Фактически характеристики строятся не относительно точек, а относительно ветвей. При включении вентилятора в любую точку одной и той же ветви характеристика сети не меняется. Вентилятор может устанавливаться и в подземных выработках и на поверхности. Поэтому для каждой сети можно построить столько результирующих характеристик, сколько ветвей она имеет.

Методика построения результирующих характеристик сети с учетом естественных депрессий заключается в следующем. Составляется расчетная схема вентиляционной сети. В элементарных контурах определяются величины  $h_{ek}$ , а по описанной выше методике — комбинация условных вентиляторов. Вносятся другие вентиляторы, которые будут работать совместно с подбираемым. На электромодели набирается

электрическая схема, аналогичная расчетной вентиляционной. Характеристики аналогов элементов сети соответствуют их аэродинамическим характеристикам. В ветвь, для которой подбирается вентилятор, включается дополнительный источник, вольтамперной характеристике которого дается несколько положений изменением ЭДС или внутреннего сопротивления. При каждом новом положении характеристики источника замеряются его дебит и депрессия  $Q$  и  $H$ . По  $Q$  и  $H$  наносятся точки характеристики. Необязательно, чтобы вольтамперные характеристики источников тока моделировали напорные характеристики вентиляторов. Достаточно при каждом изменении характеристики регулируемого источника режимы работы всех остальных источников выводить на их характеристики. Аналоги вентиляторов моделируют характеристики в первом квадранте. Аналоги естественной тяги моделируют характеристику в первом и втором квадрантах. Это позволяет строить характеристики сети независимо от направления движения тока через аналоги.

### III. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ И АНАЛОГОВЫХ УСТРОЙСТВ

#### III.1. Принцип электрического моделирования вентиляционных сетей

При решении вентиляционных задач методом электрической аналогии исходят из условий, что законам Кирхгофа подчиняются как электрические сети, так и сети с газами и жидкостями.

Если составить электрическую цепь, распределение токов по которой будет описываться системой уравнений, аналогичной системе (1.4, 1.5), то, измеряя токи и напряжения в различных местах электрической сети, можно определить расходы и напоры воздуха в соответствующих местах вентиляционной сети.

Чтобы электрическая цепь удовлетворяла таким условиям, необходимо:

$$\left. \begin{array}{l} U_i = k_i I^2_i \\ U_i = r_i I_i \\ U_i = k_n I^n_i \\ U_{b_i} = f(I_{b_i}) \\ \sum I_i = 0 \\ \sum U_i = 0 \end{array} \right\} \quad (III.1)$$

Электрическая модель должна иметь линейные сопротивления, подчиняющиеся закону Ома  $U = rI$ ; сопротивления с параболической вольтамперной характеристикой  $U = kI^2$  и  $U = k_n I^n$ ; источники тока, в которых зависимость между электрическими величинами описывается заданным уравнением  $U_b = f(I_b)$ .

Нетрудно видеть, что система уравнений (1.4, 1.5) аналогична системе уравнений (III.1) и между величинами  $h_i$ .

$Q_b, R_p, R^1, R_{n_i}$ , и  $U_i, I_i, k_i, r_i, k_{n_i}$  наблюдаются соответственно:

$$\left. \begin{array}{l} h_i = m_h U_i \\ Q_i = m_g I_i \\ R_i = m_R k_i \\ R^1_i = m^1 R r_i \\ R_n = m_{R_n} k_{n_i} \end{array} \right\} \quad (III.2)$$

где  $m_h, m_g, m_R, m^1 R, m_{R_n}$  — масштабы между соответствующими вентиляционными и электрическими величинами.

После подстановки системы уравнений из (III.2) значений  $h_i, Q_i, R_{n_i}$  (1.4, 1.5) и их сравнения с уравнениями системы (III.1) получены соотношения, которым должны удовлетворять масштабы электрической аналогии:

$$\left. \begin{array}{l} m_h = m_R m_q \\ m_h = m^1 R m_{q_n} \\ m_h = m_{R_n} m_q^n \end{array} \right\} \quad (III.3)$$

В общем случае при электромоделировании вентиляционных сетей должны выполняться следующие условия:

1. Необходимо соблюдать геометрическое подобие между сетью и ее моделью; под геометрическим подобием в данном случае понимается одинаковый порядок соединения элементов в сети и модели, т. е. любая ветвь модели должна соединяться с узлами, сходственными узлам сети, при этом следует выдерживать и направление ветвей. В пространстве элементы модели могут быть расположены иначе, чем сходственные элементы натуры.

2. Необходимо, чтобы элементы модели — электрические аналоги — имели вольтамперные характеристики, достаточно точно совпадающие с напорными характеристиками элементов сети (выработка, путей утечек, вентиляторов, естественной тяги и т. п.).

3. Необходимо, чтобы отношения сопротивлений всех ветвей к сопротивлению одной из ветвей модели были равны отношению сопротивлений ветвей реальной сети к сходственной ветви вентиляционной сети.

$$\frac{\kappa_i}{\kappa_1} = \frac{R_i}{R_1} \quad (III.4)$$

Таким образом, в электрической цепи, составленной по изложенным выше правилам, сила тока в любой ветви будет пропорциональна расходу воздуха в сходственной ветви вентиляционной сети, напряжение между любыми двумя точками модели будет пропорционально потерям напора между сходственными точками сети и сопротивления ветвей модели будут пропорциональны сопротивлениям сходственных ветвей вентиляционной сети.

### **III.2 Основные требования к приборам электрической аналогии для расчета шахтных вентиляционных сетей**

#### **Краткая техническая характеристика электромодели ЭМВС-6**

За последние два десятилетия разработано много электромоделирующих устройств для расчетов вентиляции шахт, принципиально отличающихся друг от друга элементами, воспроизводящими участки вентиляционных сетей. В качестве этих элементов могут применяться лампы накаливания, линейные сопротивления, радиолампы, полупроводники и др.

Однако, независимо от типа конструкции и принципов воспроизведения характеристик моделируемых участков вентиляционной сети все они должны отвечать следующим требованиям:

1. Элементы модели — аналоги вентиляционных сопротивлений и источники тока, моделирующие характеристики вентиляторов, — должны воспроизводить характеристики вентиляторов и участки сети с погрешностью не более 3—5% при отношении максимального рабочего напряжения к минимальному не менее 10.

2. Все элементы модели должны быть достаточно стабильны, выдерживать многократные перегрузки, их характеристики не должны зависеть от температуры.

3. Все элементы модели должны иметь проградуированные шкалы для упрощения их настройки на получение необходимых характеристик без применения электроизмерительных приборов.

4. Характеристики моделей выработок не должны зависеть от полярности входного напряжения.

5. Конструкция модели должна обеспечить быструю сборку модели рассчитываемой сети, включающей не менее 90—100 участков с 5—8 вентиляторами. Должна быть предусмотрена возможность простого подключения второй установки для расчета сетей, состоящих из 160—200 участков с 10—15 вентиляторами.

6. Устройство и изготовление модели должно быть простым. Установка должна иметь небольшие габаритные размеры, минимальный вес и стоимость.

7. Электроизмерительные приборы модели должны иметь несколько пределов измерений, класс точности 0,5—1 и не вносить заметных искажений при включении их в модель.

8. Все электрические соединения модели должны иметь надежные контакты.

9. Должна быть предусмотрена возможность удобного осмотра и ремонта отдельных узлов установки.

10. Модель должна быть рассчитана на круглосуточную работу при нормальных атмосферных условиях (при температуре 10—30° и влажности до 70—80%).

11. Напряжения источников тока, моделирующих вентиляторы, должны быть безопасны для обслуживающего персонала.

12. С помощью электрической модели вентиляционной сети должен решаться весь круг задач, встречающихся в практике проектирования и реконструкции проветривания шахт, изложенных в главе 1 настоящего руководства.

Наиболее полно этим требованиям отвечает разработанная ИГД им. А. А. Скочинского электроаналоговая установка ЭМВС-6, серийно выпускаемая с 1964 г. Конотопским заводом «Красный металлист». Более чем 10-летний опыт эксплуатации модели показал ее высокую эффективность и достаточную для инженерных расчетов точность в решении вентиляционных задач. Внедрение разработанных с помощью модели рекомендаций по улучшению проветривания шахт дало весьма положительные результаты.

В связи с этим электроаналоговая установка ЭМВС-6 получила в настоящее время наибольшее распространение при расчетах проветривания проектируемых и реконструируемых шахт. Ниже приводится ее краткая техническая характеристика.

Модель имеет: аналоги горных выработок с электрическими характеристиками вида  $U=rl^2$ ; аналоги участков сети с ламинарным режимом движения воздуха и характеристиками вида  $U=rl$ ; источники тока со специальными вольт-амперными характеристиками  $U=f(I)$ , воспроизводящими рабочие ветви характеристик вентиляторов: источники, ток которых не зависит от сопротивления нагрузки ( $I=\text{const}$ ) и может регулироваться оператором (применяются для установления заданных расходов в определенных ветвях, в ряде случаев могут с достаточной точностью воспроизводить напорные характеристики вентиляторов местного проветривания с трубопроводами); источники тока — стабилизаторы напряжения ( $U=\text{const}$ ), которые дают возможность регулировать напряжение в широких пределах (применяются для воспроизведения естественной тяги, а также для введения заданных напоров в определяемых ветвях).

Моделирование на ЭМВС-6 производится на постоянном токе, благодаря чему по показаниям приборов можно определить направление тока в ветви модели. Для измерения тока (расхода) в различных элементах модели установлен многопредельный миллиамперметр, шкала которого отградуирована в  $m^3/c$ ; для измерения напряжения (напора) — катодный вольтметр, шкала которого отградуирована в  $kG/m^2$ .

Для реализации аналога горной выработки с вольтамперной характеристикой ( $U=rl^2$ ) в модели использован метод линейно-кусочного аппроксимации с помощью диодно-функциональных преобразователей. Применение семиконтурных аналогов горных выработок позволяет во всех случаях получать погрешность в расчете не более 5%, что вполне допустимо для практических целей.

Моделирование вентиляторов с характеристикой  $H=f(Q)$  в ЭМВС-6 осуществляется регулируемыми источниками тока, состоящими из автотрансформаторов с выпрямителями и фильтрами, а также омических реостатов. Схема модели вентилятора дает возможность получать рабочую часть напорных характеристик вентиляторов различных типов.

Аналог постоянных расходов ( $Q=\text{const}$ ) представляет собой регулируемый стабилизатор тока, который может работать как в генераторном режиме, так и в режиме сопротивления.

В данном случае моделируется автоматический регулятор, поддерживающий расход воздуха в некоторой ветви неизменным.

Аналог естественной тяги ( $H=\text{const}$ ), представляющий собой регулируемый стабилизатор напряжения, служит для введения в модель рассчитываемой сети естественной тяги или заданных напоров в каких-либо ветвях.

Аналоги путей утечек ( $H=m^1Q$ ) представляют собой обычные линейные переменные сопротивления.

Количество элементов и их характеристика приведены в табл. 12.

Т а б л и ц а 12

Элементы	Количество, штук	Депрессия, $kG/m^2$	Расход воздуха, $m^3/c$	Сопротивление морг
Вентилятор	6	0—500	0—500	—
Естественная тяга	8	0—100	0—500	—
Горные выработки	100	1—320	—	2 $\div$ 2000
Постоянные расходы	40	$\pm$ 200	1—100	—
Утечки	40	0—500	0—450	—

### III.3. Методика решения вентиляционных задач с использованием электроаналоговых установок

В связи с тем, что наибольшее распространение при расчетах шахтных вентиляционных сетей получила в настоящее время электроаналоговая установка типа ЭМВС-6, изложенная ниже методика решения вентиляционных задач составлена применительно к этой модели. Однако последовательность операций в ходе расчетов в принципе ничем не отличается и при использовании других аналоговых машин.

Учитывая, что этапы расчета вентиляционной сети для получения и подготовки исходных данных довольно детально рассмотрены в предыдущих разделах, настоящая методика отражает расчет, начиная с ввода исходных данных в машину (рис. 2).

При вводе исходных данных в электромодель и непосредственном расчете необходимо произвести следующие основные операции:

1. С помощью имеющихся в модели приборов производится настройка элементов модели на характеристики, соответствующие параметрам воспроизводимых ими участков вентиляционной сети.

Установка необходимого сопротивления горных выработок производится включением в штепсельный разъем выработки магазина сопротивлений, на корпусе которого указано ближайшее к требуемому значение сопротивления в мюргах. При включении магазина с коричневым корпусом полярность напряжения на входных зажимах не играет роли, при включении магазина с черным корпусом на верхнем входном гнезде на коммутационной панели должен быть (+). Сопротивление с корпусом коричневого цвета работает при напорах от 1 до 320  $кГ/м^2$ , сопротивления с корпусом черного цвета — от 4,5 до 320  $кГ/м^2$ .

Требуемый расход в какой-либо ветви устанавливается включением в эти ветви блоков постоянных расходов. С помощью штыря, вставляемого в гнездо этого блока на измерительной панели, последовательно с ним включается расходомер. Вращением ручек управления ( $Q=\text{const}$ ) устанавливается требуемое значение расхода, величина которого контролируется по расходомеру. Если на (+) гнезда блока будет положительное напряжение, это значит, что блок работает в вентиляторном режиме, если отрицательное — то в режиме сопротивления. Перед получением окончательных ответов следует проверить соответствие расхода блока требуемой величине и в случае необходимости блок откорректировать.

Установка линейного сопротивления производится вращением ручки управления сопротивлением.

2. Определяются параметры источников тока, моделирующих вентиляторы и естественную тягу, и производится их настройка на соответствующие рабочие участки. Напорные характеристики осевых вентиляторов с достаточной степенью точности можно представить в виде прямой линии. Уравнение рабочего участка характеристики имеет вид:

$$H = H_0 - m^1 Q \quad (III.5)$$

Для определения значений  $H_0$  и  $m^1$  на рабочем участке напорной характеристики выбираются две точки с координатами  $H_A$ ,  $Q_A$  и  $H_B$ ,  $Q_B$ , после чего по формулам:

$$H_0 = H_A - \frac{H_B - H_A}{Q_B - Q_A} \cdot Q_A; \quad m^1 = \frac{H_B - H_A}{Q_B - Q_A}$$

вычисляются значения  $H_0$  и  $m^1$ . Параметры источника тока, его э.д.с. получаются непосредственно в вентиляционных величинах.

При моделировании напорных характеристик центробежных вентиляторов иногда приходится последовательно с моделью вентилятора включать параболическое сопротивление, модель выработки. Для определения параметров источника тока в этом случае поступают следующим образом. На рабочем участке напорной характеристики вентилятора выбирают три точки с координатами  $H_A$ ,  $Q_A$ ,  $H_B$ ,  $Q_B$ ,  $H_V$ ,  $Q_V$ , через которые должна проходить характеристика источника тока. Координаты этих точек должны удовлетворять системе уравнений:

$$H_A = H_0 - m^1 Q_A - m Q_A^2$$

$$H_B = H_0 - m^1 Q_B - m Q_B^2$$

$$H_V = H_0 - m^1 Q_V - m Q_V^2$$

Как известно, корни такой системы равны

$$H_0 = \frac{\Delta_{n0}}{\Delta_n}; \quad m^1 = \frac{\Delta_m^1}{\Delta}; \quad m = \frac{\Delta_m}{\Delta},$$

где

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 - Q_A - Q_A^2 \\ 1 - Q_B - Q_B^2 \\ 1 - Q_V - Q_V^2 \end{vmatrix} \quad \Delta_{n0} = \begin{vmatrix} H_A - Q_A - Q_A^2 \\ H_B - Q_B - Q_B^2 \\ H_V - Q_V - Q_V^2 \end{vmatrix}$$

$$\Delta m^1 = \begin{vmatrix} 1 - H_A - Q_A^2 \\ 1 - H_B - Q_B^2 \\ 1 - H_V - Q_V^2 \end{vmatrix} \quad \Delta_m = \begin{vmatrix} 1 - Q_A + H_A \\ 1 - Q_B + H_B \\ 1 - Q_V + H_V \end{vmatrix}$$

После того, как определены параметры источника тока, обеспечивающие получение напорной характеристики данного вентилятора, производится настройка источника тока, для чего на его вход включают напоромер и, вращая ручку соответствующего ЛАТРа, устанавливают напор  $H=H_0 \cdot k$ , где  $k$  — коэффициент ограничения отношения э.д.с. источника к величине максимального выходного напряжения (устанавливается переключателем четырех положений 1—2—3—4 на панели вентилятора).

После установки требуемого значения  $H_0$ , производится короткое замыкание источника тока и затем, контролируя расходомером расход источника, регулировкой его магазина сопротивлений (тумблерами) устанавливается необходимое значение расхода при коротком замыкании вентилятора, которое определяется точкой пересечения напорной характеристики с осью  $Q$ . В случае моделирования центробежного вентилятора после установки значения  $H_0$  последовательно с вентилятором включается выработка, сопротивление которой определено по изложенной выше методике, остальные операции производятся так же, как и в случае осевого вентилятора. При этом накоротко замыкается цепь, состоящая из вентилятора и включенной последовательно с ним модели выработки.

Установка заданного напора в ветви осуществляется с помощью блока естественной тяги. Для этого ключом на измерительной панели на вход блока включается напоромер. Вращением рукоятки ( $H=\text{const}$ ) устанавливается необходимое значение напора.

3. Из настроенных элементов и источников тока с помощью имеющегося в модели набора проводников собирается электрическая схема, воспроизводящая рассчитываемую вентиляционную сеть. Порядок соединения элементов любой вентиляционной сети описывается так называемой матрицей соединения.

Для составления матрицы необходимо пронумеровать все ветви сети, причем каждой ветви приписывается некоторое направление, которое обычно считается совпадающим с направлением движения воздуха. Необходимо также пронумеровать все узлы сети. Для того, чтобы различать номера ветвей и узлов, можно узлы пронумеровать цифрами со штрихом. После этого составляется матрица соединений вентиляционной схемы, представляющая собой таблицу, номера строк которой соответствуют номерам ветвей, а номера столбцов — номерам узлов. На пересечении какого-либо столбца  $i$  с некоторой строкой  $j$  ставится  $+1$ , если ветвь, соответствующая этой строке, входит в узел, соответствующий столбцу, и  $-1$ , если ветвь, соответствующая строке, выходит из узла, со-

ответствующего столбцу, и ставится 0 или клетка оставляется пустой, если ветвь не связана с узлом.

Для схемы, показанной на рис. 16, матрица соединений имеет вид

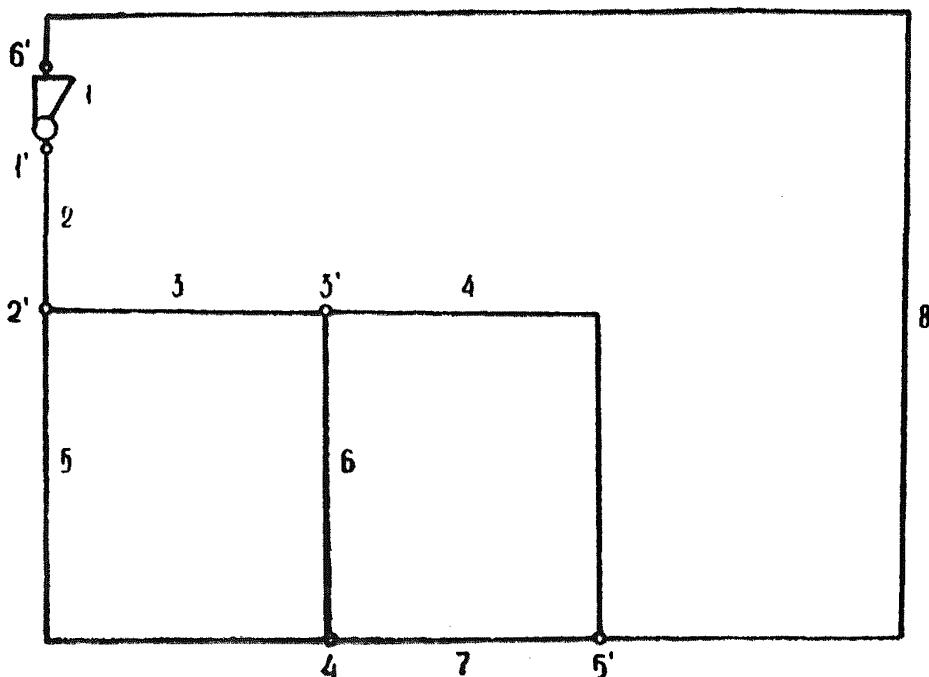


Рис. 16. К монтажу схемы вентиляционных соединений ЭМВС-6.

	1 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	3 <sup>1</sup>	4 <sup>1</sup>	5 <sup>1</sup>	6 <sup>1</sup>
1	-1	0	0	0	0	+1
2	+1	-1	0	0	0	0
3	0	+1	-1	0	0	0
4	0	0	+1	0	-1	0
5	0	+1	0	-1	0	0
6	0	0	+1	-1	0	0
7	0	0	0	+1	-1	0
8	0	0	0	0	+1	-1

4. Проверяют правильность сборки электрической схемы, вносят исправления, после чего производится непосредственный расчет, т. е. в зависимости от цели расчета в соответствующих участках схемы включают источники тока, моделирующие вентиляторы, естественную тягу и т. д., а также вносят изменения в конфигурацию и параметры схемы и т. д.

Следует отметить большое многообразие практических вентиляционных задач: — выбор вентиляторов; — расчет реверсивных режимов проветривания; — определение зон

действия вентиляторов и др. Рассмотрим методику решения некоторых практических задач.

Вентиляторы выбирают по заданным топологии и аэродинамическим параметрам шахтных вентиляционных сетей. Обычно такие задачи возникают при расчете проветривания проектируемых и реконструируемых шахт.

При одиночной работе вентилятора определение его режима работы с использованием электромодели ЭМВС-6 выполняется следующим образом. К набранной электрической схеме вентиляционной сети подключают источник тока, моделирующий вентилятор, и последовательным изменением его режимов добиваются поступления в шахту требуемого количества воздуха. После этого ключом замыкают контакты измерительного гнезда вентилятора и по показаниям приборов определяют расход  $Q$  и напор  $H$ . В соответствии с замеренными  $Q$  и  $H$  по каталогу напорных характеристик выбирают соответствующий вентилятор.

Для действующих шахт, когда вентилятор установлен, при изменении топологии сети решается задача по выявлению возможности его дальнейшего использования. Это определяется наложением его режимной точки на напорную характеристику. При невозможности дальнейшего использования вентилятора его заменяют новым или устанавливают дополнительные, переходя на совместную их работу.

Решение задач при совместной работе вентиляторов много сложнее, чем при одиночной. В этом случае кроме разработки оптимальных условий распределения воздуха в сети необходимо определить условия устойчивой (однозначной) совместной работы вентиляторов. Данная задача решается построением части характеристики сети, вернее, отысканием двух ее точек в области нерабочей части (раздел III. 12).

Следует отметить, что многозначность совместной работы вентиляторов возможна только в том случае, если один из них имеет напорную характеристику с нерабочей частью (впадина). Во всех этих случаях проверка устойчивости совместной работы вентиляторов необходима как при нормальном, так и при реверсивном режимах проветривания.

Если напорные характеристики вентиляторов представляют собой монотонную параболу без перегибов, то устойчивость их работы зависит только от состояния вентиляционной сети, на которую они работают (наличие вентиляционных дверей, шлюзов, окон, кроссингов и т. д.), и проверку устойчивости их работы на модели можно не производить.

Как было указано выше, выбор вентиляторов и проверка устойчивости их работы должны производиться не только для нормального, но и для реверсивного режима проветривания. Известно, что при опрокидывании струи меняют

свою величину аэродинамические сопротивления отдельных элементов шахтных сетей. Эти изменения должны вноситься в расчетную схему в соответствии с рекомендациями табл. 13.

Таблица 13

Элемент вентиляционной сети	Коэффициент изменения сопротивления
Отдельная выработка (ствол, шурф, квершлаг, штрек, уклоны, бремсберг и т. д.)	1
Вентиляционные двери и шлюзы:	
а) при наличии реверсивных устройств	$0,92 \pm 0,16$
б) без реверсивных устройств	0
Выемочные участки:	
а) падение пласта до $30^\circ$	$0,51 \pm 0,05$
б) падение пласта свыше $30^\circ$	$0,93 \pm 0,22$
Каналы вентиляторов	2,00
Пути внешних утечек	$0,22 \pm 0,08$

Кроме этого необходимо учитывать, что при реверсировании вентиляционной струи изменением направления вращения рабочих колес вентиляторов их напорные характеристики изменяются. К расчету рекомендуется принимать (на основании исследований ЦАГИ и ВостНИИ), что при реверсии дебит вентиляторов составляет 35—40% дебита их при нормальном направлении вращения, а напор снижается в 5—6 раз.

На практике часто возникают задачи по определению зон действия вентиляторов с целью изменения направления утечек или снижения их количества.

Решение производится увеличением производительности и напора одного вентилятора и определением режимов работы сопряженных вентиляторов. Регулировка производится до тех пор, пока необходимые зоны действия вентиляторов не будут достигнуты.

##### 5. Анализ и оформление результатов расчетов.

Основной анализ производится непосредственно в процессе решения, который заключается в проверке всех технически возможных вариантов и выборе наиболее приемлемого, т. е. выявляется возможность использования существующих средств проветривания, необходимость введения в общую систему дополнительных вентиляторов, условия устойчивой их работы, рекомендации по оптимальному распределению воздуха и т. п.

После решения составляется отчет о выполненной работе, который включает в себя следующие разделы:

- состояние проветривания и цель расчета;
- исходные данные для расчета;

- результаты расчета;
- разработанные рекомендации.

В первом разделе описывается состояние проветривания шахтной системы, затруднения в снабжении воздухом отдельных производственных объектов, возможности шахты в реконструкции проветривания и цель вентиляционного расчета; во втором — исходные данные, на основании которых производится решение поставленных задач, и способы их получения.

В третьем разделе приводится ход расчета, результаты решения намеченных вариантов, указываются их преимущества и недостатки, т. е. производится анализ полученных результатов. В четвертом — на основании анализа результатов расчета, проведенного в предыдущем разделе, даются рекомендации по организации проветривания шахтной вентиляционной сети.

#### III.4. Математическое обоснование метода расчета и алгоритм для решения на ЭВМ

Элементом схемы вентиляционной сети называется участок ее, расположенный между двумя соседними узлами. Узлами сети называются либо точки разветвления вентиляционной струи, либо точки входа воздуха в сеть или выхода его из сети.

Аэродинамической характеристикой элемента сети называется аналитическое выражение функции

$$Q_k = F_k(H_k). \quad (\text{III.6})$$

определяющей зависимость количества воздуха  $Q$ , протекающего по  $k$ -му элементу сети в единицу времени, от депрессии между узлами, ограничивающими этот элемент.

Задача свободного распределения воздуха в вентиляционной сети заключается в определении расходов воздуха и депрессии для всех элементов сети по заданным характеристикам их и по заданному коду сети.

Код сети выражает собой строение схемы (топологию сети). Чтобы из графического изображения схемы сети получить ее код, достаточно перенумеровать все ее узлы.

Если задача решается на ЭВМ, то желательно нумерацию узлов выполнять в восьмеричной системе счисления. Желательно также, чтобы направление от узла с меньшим номером к узлу с большим номером совпадало с направлением движения воздуха, условно принятым за положительное.

Номера узлов, ограничивающих какой-либо из элементов сети, образуют кодовое наименование этого элемента. Наименования всех элементов сети, сведенные в таблицу, представляют собой код сети.

Положение кодового наименования каждого из элементов сети в такой таблице фиксируется порядковым номером.

Если элементу сети, соединяющему узлы  $a$  и  $b$ , присвоен в таблице порядковый номер  $k$ , то расход воздуха и депрессия по этому элементу обозначают соответственно либо через  $Q_{a-b}$  и  $H_{a-b}$ , либо через  $Q_k$  и  $H_k$ . Первый способ обозначения характеризует расположение элемента в схеме, второй — положение его наименования в кодовой таблице.

Колонка «код» табл. 14 представляет собой код сети, схема которой представлена на рис. 17.

Предлагаемый метод расчета опирается на понятие узловой депрессии. Узловой депрессией  $h_a$  узла  $a$  называется депрессия между этим узлом и нулевым узлом. При этом принимается условно, что  $h_0=0$  (в дальнейшем понятию узловой депрессии будет придан несколько другой смысл).

Очевидно, если узловые депрессии всех узлов сети заданы, то депрессия  $H_{a-b}$  элемента  $a-b$  определяется как разность узловых депрессий узлов  $a$  и  $b$ :

$$H_{a-b} = h_a - h_b \quad (III.7).$$

Табл. 14 представляет собой матричную запись уравнений вида (III.7) для схемы, представленной на рис. 17.

$k$ -й строке этой таблицы соответствует  $k$ -й элемент сети, а  $i$ -му столбцу —  $i$ -й узел.

Эта таблица называется узловой матрицей сети.

Элемент узловой матрицы, расположенный на пересечении  $k$ -й строки и  $i$ -го столбца обозначается через  $C_{k,i}$ ; числа  $C_{k,i}$  могут принимать лишь три значения:  $-1$ ;  $0$ ;  $+1$ .

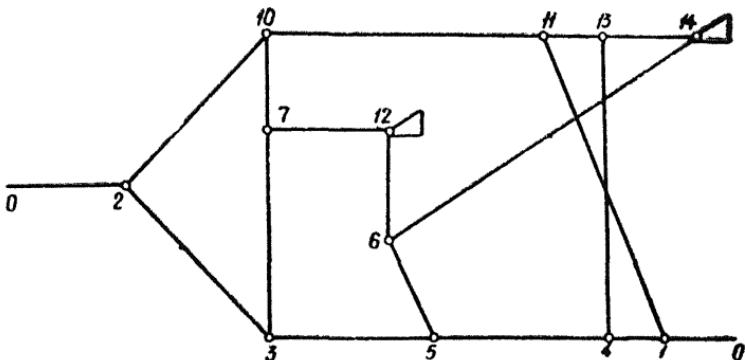


Рис. 17. Схема вентиляционной сети.

Таблица 14.

Кол	Номера узлов (i)													Номера элементов сети (K)
	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14		
0—1	1													1
0—2		1												2
0—12									1					3
0—14											1			4
1—4	—1			1										5
1—11	—1								1					6
2—3		—1	1											7
2—10		—1						1						10
3—5			—1		1									11
3—7			—1				1							12
4—5				—1	1									13
4—13				—1						1				14
5—6					—1	1								15
6—12						—1				1				16
6—14						—1					1			17
7—10							—1	1						20
7—12							—1			1				21
10—11								—1	1					22
11—13									—1		1			23
13—14										—1	1			24

Если  $k$ -й строке матрицы соответствует элемент сети, по которому воздух идет от  $i$  к  $j$ , то  $C_{k,i} = -1$ ,  $C_{k,j} = +1$ , а все остальные элементы  $k$ -й строки равны нулю.

Пользуясь этим обозначением, можно для сети, узловая матрица которой задана, записать все уравнения (III.7) в следующей компактной форме

$$H_k = \sum_{i=1}^n C_{k,i} h_i \quad (\text{III.8})$$

Например, элементами 12-й строки матрицы (табл. 14) являются числа

$$C_{12,1} = 0; \quad C_{12,2} = 0; \quad C_{12,3} = -1; \quad C_{12,4} = 0; \quad C_{12,5} = 0; \quad C_{12,6} = 0; \\ C_{12,7} = 1; \quad C_{12,10} = 0; \quad C_{12,12} = 0; \quad C_{12,13} = 0; \quad C_{12,14} = 0;$$

Для этого случая выражение (III.8) примет вид

$$H_{12} = H_{3-7} = \sum_{i=1}^{14} C_{12,i} h_i$$

или в развернутой форме

$$H_{3-7} = 0 \cdot h_1 + 0 \cdot h_2 - 1 \cdot h_3 + 0 \cdot h_4 + 0 \cdot h_5 + 0 \cdot h_6 + 1 \cdot h_7 + 0 \cdot h_8 + \\ + 0 \cdot h_9 + 0 \cdot h_{10} + 0 \cdot h_{11} + 0 \cdot h_{12} + 0 \cdot h_{13} + 0 \cdot h_{14} = h_7 - h_3,$$

что соответствует выражению (III.7).

Если задаться совершенно произвольной системой значений узловых депрессий, то величины депрессий элементов сети, вычисленные из выражения (III.8), заведомо будут удовлетворять второму закону потокопроводящих сетей: алгебраическая сумма депрессий элементов сети, образующих замкнутый контур, равна нулю.

Например, для замкнутого контура 3, 7, 12, 6, 5, 3 (рис. 17).

$$H_{3-7} + H_{7-12} + H_{12-6} + H_{6-5} + H_{5-3} = (h_7 - h_3) + (h_{12} - h_7) + \\ + (h_6 - h_{12}) + (h_5 - h_6) + (h_3 - h_5) = 0.$$

Очевидно, этот вывод легко распространяется на любой замкнутый контур любой сети.

Если рассматривать элементы какого-либо одного столбца узловой матрицы, можно убедиться, что элементам  $i$ -го столбца вида « $+1$ » соответствуют сети вида « $a-i$ », по которым воздух выходит из  $i$ -го узла, а элементам  $i$ -го столбца вида « $-1$ » — элементы сети вида  $i-a$ , по которым воздух входит в  $i$ -й узел.

Следовательно, первый закон потокопроводящих сетей: алгебраическая сумма потоков, сходящихся в одном узле, равна нулю, выразится компактной формулой.

$$\sum_{k=1}^m C_{k,i} Q_k = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (\text{III.9})$$

Например, для 4-го столбца узловой матрицы (табл. 14)  
 $C_{5,4}=1; \quad C_{13,4}=-1; \quad C_{14,4}=-1.$

Все остальные элементы этого столбца равны нулю, т. е. выражение (III.9) в развернутой форме примет вид

$$Q_5 - Q_{13} - Q_{14} = Q_{1-4} - Q_{4-5}$$

Аналогичный результат получится и для остальных столбцов матриц, т. е. для всех узлов сети.

Зададимся ориентировочными значениями узловых депрессий, отличающимися от их истинных значений  $\bar{h}_i$  на неизвестные величины поправок  $\Delta h_i$

$$h_i = \bar{h}_i + \Delta h_i \quad (\text{III.10})$$

Истинные значения депрессий элементов сети  $H_k$  определяются из выражений (III.8) и (III.10)

$$H_k = \sum_{i=1}^n C_{k,i} h_i = \sum_{i=1}^n C_{k,i} n_i$$

Несмотря на то, что каждая из величин

$$\bar{H}_k = \sum_{i=1}^n C_{k,i} \bar{h}_i \quad (\text{III.11})$$

отличается от истинного значения депрессии  $k$ -го элемента сети

$$\bar{H}_k = \sum_{i=1}^n C_{k,i} h_i$$

на величину

$$\Delta H_k = \sum_{i=1}^n C_{k,i} \Delta h_i \quad (\text{III.12})$$

второй закон сети, как было показано выше, будет для величин, определенных из выражения (III.11), соблюден.

Однако величины расходов воздуха  $\bar{Q}_k = F_k(H_k)$  не будут удовлетворять первому закону сетей, т. е. суммирование потоков, сходящихся в  $j$ -м узле, вычисленных по ориентировано принятым значениям  $\bar{h}_i$  ( $i=1, 2 \dots n$ ), в результате дает не ноль, а некоторую невязку

$$\sum_{k=1}^m C_{k,i} \bar{Q}_k = \sum_{k=1}^m C_{k,i} F_k(H_k) = S_i \quad (\text{III.13})$$

Задача сводится к тому, чтобы путем введения поправок  $\Delta h_i$  свести невязку  $S_i$  к пренебрежимо малой величине, т. е. найти величины  $\Delta h_i$  ( $i=1, 2 \dots n$ ) такие, чтобы

$$\sum_{\kappa=1}^m C_{\kappa,i} F_{\kappa}(\bar{H}_{\kappa} + \Delta H_{\kappa}) \approx 0, \quad (\text{III.14}).$$

где

$$\Delta H_{\kappa} = \sum_{i=1}^n C_{\kappa,i} \Delta h_i$$

Величину  $\bar{Q}_{\kappa} = F_{\kappa}(\bar{H}_{\kappa} + \Delta H_{\kappa})$  можно приближенно представить как

$$F_{\kappa}(\bar{H}_{\kappa} + \Delta H_{\kappa}) = F_{\kappa}(\bar{H}_{\kappa}) + \Delta F_{\kappa,1} + \Delta F_{\kappa,2} + \dots + \Delta F_{\kappa,n}, \quad (\text{III.15})$$

где  $\Delta F_{\kappa,i}$  — приращение, которое получает величина  $Q_{\kappa}$  вследствие введения поправок  $\Delta h_i$ .

В свою очередь, величину  $\Delta F_{\kappa,j}$  можно приближенно представить как

$$\Delta F_{\kappa,j} = a_{\kappa,j} \Delta h_j,$$

где  $a_{\kappa,j}$  — численное значение частной производной  $\frac{dF_{\kappa}}{dh_j}$

при первоначально принятых значениях маршрутных депрессий  $\bar{h}_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ).

Ввиду того, что функция  $F_{\kappa}(H_{\kappa})$  зависит от  $h_1, h_2, \dots, h_n$  через единственный аргумент  $H_{\kappa}$ , частная производная от  $F_{\kappa}$  по  $h_j$  определяется как произведение производной  $F'_{\kappa}$  от  $F_{\kappa}$  по аргументу  $H_{\kappa}$  на частную производную от  $H_{\kappa}$  по  $h$

$$\frac{dF_{\kappa}}{dh_j} = F'(H_{\kappa}) \cdot \frac{dH_{\kappa}}{dh_j}$$

Из выражения (III.8) следует

$$\frac{dH_{\kappa}}{dh_j} = \frac{d}{dh_i} \sum C_{\kappa,i} h_i = C_{\kappa,j}$$

Таким образом

$$a_{\kappa,j} = F'_{\kappa}(\bar{H}_{\kappa}) C_{\kappa,j} \quad \text{и} \quad \Delta F_{\kappa,j} = C_{\kappa,j} F'_{\kappa}(\bar{H}_{\kappa}) \Delta h_j \quad (\text{III.16})$$

из выражений (III.14), (III.15), (III.16) находим

$$\begin{aligned} \sum_{\kappa=1}^m C_{\kappa,i} [F_{\kappa}(\bar{H}_{\kappa}) + C_{\kappa,1} F'_{\kappa}(\bar{H}_{\kappa}) \Delta h_1 + C_{\kappa,2} F'_{\kappa}(\bar{H}_{\kappa}) \Delta h_2 + \dots, \\ + C_{\kappa,n} F'_{\kappa}(\bar{H}_{\kappa}) \Delta h_n] = 0. \end{aligned}$$

или, принимая во внимание выражение (III.13).

$$\begin{aligned} & \sum_{\kappa=1}^m C_{\kappa,i} C_{\kappa,1} F'_{\kappa} \Delta h_1 + \sum_{\kappa=1}^m C_{\kappa,i} C_{\kappa,2} F'_{\kappa} \Delta h_2 + \dots + \\ & + \sum_{\kappa=1}^m C_{\kappa,i} F_{\kappa} \Delta h_n = -S_i \end{aligned} \quad (\text{III.17})$$

Придавая индексу « $i$ » значения 1, 2.. $n$  получаем из выражения (III.17) систему уравнений поправок (III.18), из которой определяются поправки  $\Delta h_i$  первого приближения:

$$\left. \begin{aligned} b_{1,1} \Delta h_1 + b_{1,2} \Delta h_2 + \dots + b_{1,n} \Delta h_n &= -S_1 \\ b_{2,1} \Delta h_1 + b_{2,2} \Delta h_2 + \dots + b_{2,n} \Delta h_n &= -S_2 \\ \vdots & \vdots \\ b_{n,1} \Delta h_1 + b_{n,2} \Delta h_2 + \dots + b_{n,n} \Delta h_n &= S_n \end{aligned} \right\} \quad (\text{III.18})$$

где

$$b_{i,j} = \sum_{\kappa=1}^m C_{\kappa,i} C_{\kappa,j} F'_{\kappa} (H_{\kappa}). \quad (\text{III.19})$$

Матрица, составленная из коэффициентов этой системы, обладает следующими свойствами:

1. Матрица — симметрична относительно главной диагонали, т. е.  $b_{i,j} = b_{j,i}$

2. Все элементы главной диагонали положительны.

3. Каждый из недиагональных коэффициентов либо отрицателен, либо равен нулю. В дальнейшем будет показано, что функция  $Q_{\kappa} = F_{\kappa} (H_{\kappa})$  монотонная неубывающая и, следовательно, производная  $F'_{\kappa} (H_{\kappa})$  — не отрицательная во всей области своего определения.

4. Каждый из коэффициентов главной диагонали либо равен сумме модулей остальных элементов той же строки (того же столбца), либо превышает эту сумму, причем последний случай всегда имеет место не менее, чем для двух из диагональных коэффициентов.

Свойства 1 и 4 позволяют применять для решения системы (III.18) такие итерационные методы, как например метод Гаусса-Зейделя. Однако использование какого-либо из таких способов в форме, рекомендуемой для решения систем линейных уравнений, невыгодно, так как зависимость искомых поправок  $\Delta h_i$  ( $i=1,2..n$ ) от известных величин невязок  $S_j$  — нелинейная, и система уравнений (III.18) достаточно точно выражает эту зависимость лишь при малых значениях невязок  $S_j$ .

Даже если систему (III.18) решать с очень высокой степенью точности, то после введения найденных поправок  $\Delta h_i$ ,

и вычисления новых значений  $Q_k$  значения модулей невязок могут уменьшиться несущественно для всех узлов одновременно (для отдельных узлов модули невязок могут даже увеличиться), если в предыдущем приближении они не были достаточно малы.

Поэтому точное решение всей системы излишне, и в настоящем руководстве рекомендуется следующий прием сведения невязок к пренебрежению малым величинам.

1. Если невязка  $S_i$  по модулю не меньше некоторой заранее принятой малой положительной величины  $\epsilon$ , то поправка  $\Delta h_i$  определяется как частное от деления невязки  $S_i$ , взятой с обратным знаком, на главный (диагональный) коэффициент  $b_{i,i}$   $i$ -го уравнения системы (III. 18).

$$\Delta h_i = \frac{-S_i}{b_{i,i}}$$

Если  $|S_i| < \epsilon$ , то величина  $h$  не изменяется и рассматривается невязка по  $i+1$ -му узлу.

2. Определяются новые значения депрессий для элементов сети, примыкающих к  $i$ -му узлу

$$\begin{aligned} H_{a-i} &= \bar{H}_{a-i} + \Delta h_i \\ H_{i-b} &= \bar{H}_{i-b} - \Delta h_i \end{aligned}$$

3. Определяются новые значения  $Q$  для тех же элементов сети.

$$Q_k = F_k(H_k)$$

4. Определяются новые значения главных коэффициентов системы уравнений (III.18) для узлов, соединенных с  $i$ -м узлом элементами вида « $a-i$ » или « $i-b$ ».

5. Если  $i \neq n$ , то рассматриваются невязки  $i+1$ -го узла, а если  $i = n$  и хотя бы одна из невязок данного цикла вычислений по модулю больше или равна  $\epsilon$ , что цикл определения поправок возобновляется (т. е. рассматривается невязка по 1-му узлу).

Если же  $i = n$  и все  $S_i$  данного цикла по модулю меньше  $\epsilon$ , то вычисления прекращаются. Задача решена.

Опыт показал, что сходимость описанного итерационного процесса резко улучшается, если в формуле (III. 18) при

$$i=j \quad b_{i,i} = \sum_{k=1}^m (C_{k,i})^2 Q_k^1$$

пользоваться вместо численного значе-

ния производной  $\frac{dQ}{dH}$  отношением конечных приращений  $\frac{\Delta Q_k}{\Delta H_k}$

где  $\Delta H_k$  и  $\Delta Q_k$  разности между последовательными значениями, соответственно  $H_k$  и  $Q_k$ .

Разумеется, замена  $F^1(H_\kappa)$  на  $\frac{\Delta Q_\kappa}{\Delta H_\kappa}$  осуществляется

лишь после того, как величина  $H_{a-b}$  впервые получает приращения (положительные или отрицательные) в результате введения поправки  $\Delta h_0$  или  $\Delta h_b$ .

Дальнейшее улучшение сходимости итерационного процесса достигается добавлением к узловой матрице сети колонки, соответствующей нулевому узлу сети (табл. 15).

Такое расширение узловой матрицы означает, что вычислительный процесс начинается с определения невязки не первого, а нулевого узла.

Если эта невязка  $|S_0| \geq \epsilon$ , то узловой депрессии  $h_0$  нулевого узла, первоначально принятой за начало отсчета узловых депрессий (т. е. за нуль), придается значение

$$\Delta h_0 = \frac{-S_0}{\sum_{\kappa=1}^m (C_{\kappa,0})^2 F_\kappa(H_\kappa)}$$

В отличие от определения понятия «узловой депрессии», данного выше, теперь это понятие определяется следующим образом.

Узловой депрессией  $h_a$  узла  $a$  называется сумма депрессий между узлом  $a$  и нулевым узлом или некоторой условной величиной.

Расширение узловой матрицы за счет добавления к ней нулевой колонки соответственно влечет за собой добавление к системе уравнений (III.18) еще одного уравнения с правой частью  $-S_0$  и одного неизвестного  $\Delta h_0$ .

Матрица такой расширенной системы уравнений для схемы, изображенной на рис. 17, представлена табл. 16.

То, что описанный прием улучшает сходимость, подтверждается опытом практических расчетов. Однако без некоторых разъяснений сама возможность получения однозначного решения системы, матрица которой представлена табл. 16, может показаться сомнительной.

Действительно, нетрудно убедиться в том, что сумма элементов каждого из столбцов этой матрицы равна нулю, и, следовательно, определитель системы уравнений, на которую опирается весь расчет, также равен нулю. Такая система либо вовсе не имеет решений, либо имеет их бесконечное множество.

Рассмотрим вектор-столбец свободных членов.

Сумма его элементов равна взятой с обратным знаком сумме невязок по всем узлам, включая нулевой узел, т. е. принимая во внимание выражение (III.13).

Таблица 15

Код	Номера узлов ( <i>i</i> )														Номера элементов сети (K)
	0	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14		
0—1	—1	1													1
0—2	—1		1												2
0—12	—1													1	3
0—14	—1													1	4
1—4		—1			1										5
1—11		—1										1			6
2—3			—1	1											7
2—10			—1							1					10
3—5				—1		1									11
3—7				—1					1						12
4—5					—1	1									13
4—13					—1									1	14
5—6						—1	1								15
6—12							—1					1			16
6—14							—1						1		17
7—10								—1	1						20
7—12								—1			1				21
10—11								—1	1						22
11—13									—1		1				23
13—14										—1	1				24

Таблица 16.

	0	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14
0	$Q_1' + Q_2' + Q_3' + Q_4'$	$-Q_1'$	$-Q_2'$								$-Q_1'$		$-Q_4'$
1	$-Q_1'$	$Q_1' + Q_2' + Q_3'$			$-Q_5'$					$-Q_6'$			
2	$-Q_2'$		$Q_2' + Q_7' + Q_{10}'$	$-Q_7'$					$Q_{10}$				
3			$-Q_7'$	$Q_7' + Q_{11}' + Q_{12}'$		$-Q_4'$		$-Q_{12}'$					
4		$-Q_5'$			$Q_5' + Q_{13}' + Q_{14}'$	$-Q_5'$						$-Q_4'$	
5				$-Q_4'$	$-Q_3'$	$Q_{14}' + Q_{13}' + Q_{15}'$	$-Q_{15}'$						
6						$-Q_{15}'$	$Q_{15}' + Q_{16}' + Q_{17}'$			$-Q_6'$		$-Q_{11}'$	
7					$-Q_{12}'$			$Q_{12}' + Q_{20}' + Q_{21}'$	$-Q_{20}'$	$-Q_{21}'$			
10					$-Q_{10}'$			$-Q_{20}'$	$Q_{10}' + Q_{20}' + Q_{22}'$	$-Q_{22}'$			
11					$-Q_6'$			$-Q_{22}'$	$Q_6' + Q_{22}' + Q_{23}'$		$-Q_{23}'$		
12	$-Q_3'$					$-Q_{16}'$	$-Q_{21}'$			$Q_3' + Q_{16}' + Q_{21}'$			
13						$-Q_{14}'$			$-Q_{23}'$		$Q_{14}' + Q_{23}' + Q_{24}'$	$-Q_{24}'$	
14	$-Q_4'$						$-Q_{17}'$				$-Q_{24}'$	$Q_4' + Q_{17}' + Q_{24}'$	

$$-\sum_{i=0}^n S_i = -\sum_{i=0}^n \sum_{\kappa=1}^m C_{\kappa,i} Q_{\kappa}$$

или, изменяя порядок суммирования,

$$-\sum_{i=0}^n S_i = -\sum_{\kappa=1}^m \sum_{i=0}^n C_{\kappa,i} Q_{\kappa}$$

Но в узловой матрице, дополненной нулевой колонкой, каждая строка имеет один элемент вида «-1» и один элемент вида «+1», поэтому всегда и, следовательно,  $\sum_{i=0}^n C_{\kappa,i} Q_{\kappa} = -Q_{\kappa} + Q_{\kappa} = 0$

$$\sum_{i=0}^n S_i = 0.$$

Итак, определитель системы уравнений поправок равен нулю и сумма свободных членов этой системы также равна нулю, т. е. общее решение системы приводит к неопределенности вида О:О. Если задаться значением какого-либо одного из неизвестных  $\Delta h_i$ , исключить из системы  $i$ -ое уравнение и перенести в правую часть члена  $b_{\kappa,i} \Delta h_i$ , то получим систему с определителем, заведомо отличным от нуля.

Таким образом, хотя система уравнений поправок (III.18) имеет бесчисленное множество решений, можно получить определенное решение, если принять (хотя бы и произвольно) значение какого-либо одного из неизвестных, например  $\Delta h_0$ .

Именно это и происходит в начале каждого итерационного цикла, когда определяется поправка.

$$\Delta h_0 = \frac{-S_0}{\sum_{\kappa=1}^m (C_{\kappa,0})^2 F^1_{\kappa}(H_{\kappa})}$$

Правда, если задаваться двумя различными системами исходных значений узловых депрессий, то решения получатся в виде двух различных систем:

$$h_0^{(1)}, h_1^{(1)}, \dots, h_n^{(1)} \text{ и } h_0^{(2)}, h_1^{(2)}, \dots, h_n^{(2)}$$

Но разность  $d = h^{(2)}_i - h^{(1)}_i$ . для всех значений индекса  $i$  будет постоянной и равной  $d = h_0^{(2)} - h_0^{(1)}$ .

Поэтому значение величины депрессии  $H_{a-b}$  между любыми двумя узлами  $a$  и  $b$  получится в обоих случаях одно и то же

$$H_{a-b} = h^{(2)}_b - h^{(2)}_a = (h^{(1)}_b + d) - (h^{(1)}_a + d) = h^{(1)}_b - h_a$$

Смысл введения дополнительного уравнения и новой неизвестной  $\Delta h_0$  в систему уравнений поправок заключается в том, что таким путем в начале каждого цикла итерационного процесса устраняется (или во всяком случае, значительно уменьшается) невязка по точкам входа воздуха в сеть и выхода его из сети, т. е. балансируются количества воздуха, поступающего в шахту и исходящего из шахты. Введение неизвестной образует скользящее начало отсчета узловых депрессий. Если же не применять этого приема, то воздух по подающим и выдающим стволам балансируется крайне медленно.

Следует заметить, что величины узловых депрессий  $h_0, h_1, \dots, h_n$  в ходе расчета и в окончательных результатах не фиксируются, а используются лишь в подготовительной стадии расчета для получения согласованной системы исходных значений депрессий всех элементов сети

$$H_{a-b} = h_b - h_a.$$

В итерационных циклах фигурируют лишь величины поправок, от которых, минуя операцию вычисления нового значения узловой депрессии  $h_i^{z+1} = h_i^z + \Delta h_i$ , переходят к непосредственному вычислению новых значений величин депрессий элементов сети, примыкающих к  $i$ -му узлу,

$$H_{a-i}^{z+1} = H_{a-i}^z + \Delta h_i \text{ и } H_{i-b}^{z+1} = H_{i-b}^z - \Delta h_i.$$

Очевидно, согласованность величин депрессий элементов сети при этом не нарушается.

После того, как получены новые значения депрессий для элементов сети с наименованием вида  $a-i$  и  $i-b$ , определяются новые значения расходов воздуха для этих же элементов по их характеристикам

$$Q_k = F_k(H_k).$$

Для пассивных элементов (не содержащих вентиляторов) такой характеристикой является выражение:

$$Q_k = F_k(H_k) = \text{sign}(H_k) \frac{1}{\sqrt{R}} \sqrt{|H_k|} , \quad (\text{III.20})$$

где символ  $\text{sign}(H_k)$  означает: (+), если  $H_k \geq 0$  и (-), если  $H_k < 0$ .

Для активных элементов (вентиляторов) характеристика обычно задается графически. Если расчет выполняется на ЭВМ, то удобно иметь аналитическое выражение также и для характеристик вентиляторов. Поэтому рабочий участок характеристики аппроксимируется посредством выражения

$$Q = \text{sign}(H_k - H_0) A \sqrt{|H_k - H_0|} - Q_0. \quad (\text{III.21})$$

Выражение (III.21) переходит в (III.20), если

$$H_0=0; Q_0=0; \quad A=\frac{1}{\sqrt{R}}$$

Таким образом, как для активных, так и для пассивных элементов сети получаем одно и то же общее выражение аэродинамической характеристики (III.21), что упрощает программирование.

Параметры  $Q_0$ ,  $A$  и  $H_0$ , входящие в выражение (III.21), определяются следующим образом. На рабочем участке характеристики вентилятора (рис. 18) берутся три точки  $M_1$  ( $H_1$ ,  $Q_1$ ),  $M_2$  ( $H_2$ ,  $Q_2$ ),  $M_3$  ( $H_3$ ,  $Q_3$ ); причем положение средней точки  $M_2$  определяется так, чтобы ее ордината  $Q_2$  располагалась строго по середине между ординатами точек  $M_1$  и  $M_3$ , т. е.  $Q_2-Q_1=Q_3-Q_2$ .

Параметры  $H_0$ ,  $A$  и  $Q_0$  определяются через координаты точек  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ .

$$Q_0 = \frac{Q_1 + Q_2 - \varDelta (Q_2 + Q_3)}{2 (1 - \varDelta)} \quad (III.22)$$

$$A = \frac{Q_3 - Q_2}{\sqrt{2(2H_2 - H_1 - H_3)}}$$

$$H_0 = H_1 + \frac{1}{A^2} (Q_1 - Q_0)^2 = H_2 + \frac{1}{A^2} (Q_2 - Q_0)^2 = H_3 +$$

$$+ \frac{1}{A^2} (Q_3 - Q_0)^2,$$

$$\varDelta = \frac{H_1 - H_2}{H_2 - H_3}$$

Элементы сети, по которым воздух поступает в сеть или выходит из сети, имеют наименование вида  $0-\sigma$  т. е. за положительное направление движения воздуха всегда принимается направление нулевого узла к узлу « $\sigma$ » независимо от того, представляет ли собой элемент « $0-\sigma$ » подающий ствол, скважину, шурф или всасывающий вентилятор. Поэтому при нормальной работе всасывающего вентилятора проходящее через него количество воздуха выражается отрицательным числом.

На рис. 18. сплошной линией представлена фактическая характеристика вентилятора.

Участок ее  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  более или менее точно аппроксирован выражением (III.21).

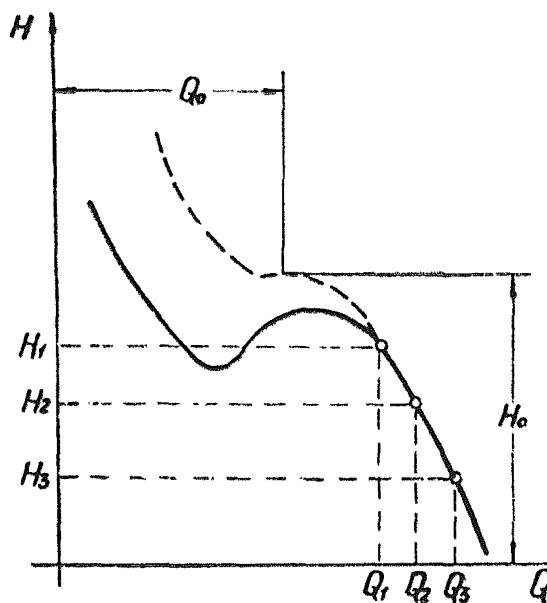
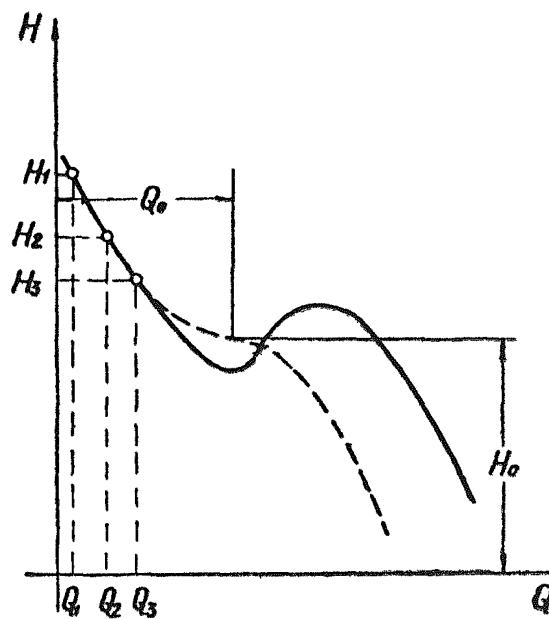


Рис. 18. Аппроксимация характеристики вентилятора.

За пределами участка  $M_1, M_2, M_3$  аппроксимирующая кривая может резко не совпадать с фактической характеристикой. Если в результате расчета окажется, что режим работы вентилятора определяется точкой, расположенной вне зоны удовлетворительного совпадения расчетной и фактической кривых, то следует выбрать для интерполяции другие точки. В частности, может оказаться, что точка фактического режима расположена на первой нисходящей ветви характеристики. Хотя такая работа вентилятора не должна допускаться как неэкономичная, случаи такие наблюдаются, так что с этим приходится считаться. Рис. 18, б дает представление о том, как в этом случае следует выбирать узлы интерполяции  $M_1, M_2, M_3$ , о геометрическом смысле параметров  $Q_0$  и  $H_0$  и о том, как будет выглядеть аппроксимирующая кривая вне зоны аппроксимации.

Подготовка к расчету складывается из следующих операций:

I. По заданному коду сети составляется узловая матрица сети, включающая колонку нулевого узла.

II. Определяются параметры  $H_0, Q_0, A$  аэродинамических характеристик всех элементов сети.

Для вентиляторов эти параметры определяются из выражений (III.22), а для пассивных элементов сети  $H_0=0$ ;

$Q_0=0; A=\frac{1}{\sqrt{R}}$ , где  $R$  — аэродинамическое сопротивление.

III. Принимается исходная система значений узловых депрессий  $h_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ). Эти величины могут быть выбраны совершенно произвольно, однако, чем ближе будут к истинным значениям, тем быстрее будет сходиться итерационный процесс. Для нулевого узла принимается исходное значение  $h_0=0$ .

IV. Определяются исходные значения депрессий элементов сети

$$H_\kappa = H_{a-\kappa} = h_\kappa - h_a$$

Эти величины могут резко расходиться с данными депрессионной съемки, но если аэродинамические сопротивления определены достаточно точно, то значения  $H_\kappa$ , полученные в результате расчета, будут близки к истинным.

V. Определяются численные значения величин потоков воздуха для всех элементов сети.

$$Q_\kappa = \operatorname{sign} (H_\kappa - H_{0,\kappa}) A_\kappa \sqrt{|H_\kappa - H_{0,\kappa}|} - Q_{0,\kappa}$$

## VI. Вычисляются численные значения производных

$$Q^1_{\kappa} = \frac{dQ}{dH_{\kappa}} = \frac{A_{\kappa}}{2\sqrt{|H_{\kappa} - H_{0,\kappa}|}}$$

Заметим, что всегда  $Q^1_{\kappa} \geq 0$ .

VII. В оперативную память ЭВМ вводятся массивы величин  $H_{\kappa}$ ,  $Q_{\kappa}$ ,  $Q^1_{\kappa}$ ,  $A_{\kappa}$  записывается узловая матрица сети и вводится программа расчета.

После того, как перечисленные подготовительные операции I-VII выполнены, начинается циклический вычислительный процесс. Ход его схематически представлен на рис. 19.

Обозначения, принятые на этой схеме, требуют некоторых пояснений.

Знак  $(: =)$  расшифровывается как «придание значения». Например,  $K := K + 1$  означает: ранее принятое значение числа  $K$  увеличивается на единицу  $Q^1_{\kappa} := Q^{II}_{\kappa}$  означает: величине  $Q^1_{\kappa}$  придается значение, принятое для  $Q^{II}_{\kappa}$  и т. п.  $j$  — признак, которому в начале цикла, представленного блок-схемой, придается значение 0. Это значение признака  $j$  сохраняется лишь до тех пор, пока по какому-либо  $i$ -му узлу

модуль невязки  $|S_i| = \sum_{\kappa=1}^m C_{\kappa,i} Q_{\kappa}$  не превысит некоторого, заранее принятого положительного числа « $\epsilon$ ». Как только это

произойдет, признаку  $j$  придается значение 1.

Если на каком-то  $z$ -ом цикле условие  $|S_i| < \epsilon$  выполняется для всех  $n_e$  узлов, то признак  $j$  сохраняет значение 0 в продолжение всего  $z$ -го цикла, что и служит сигналом к прекращению вычислений и выдаче на печать результатов.

Если же на  $z$ -ом цикле после подсчета невязки по последнему ( $n$ -му) узлу окажется, что  $j = 1$ , то это будет означать, что хотя бы для одного из узлов на  $z$ -ом цикле невязка  $S_i$  оказалась не менее  $\epsilon$  по модулю. В этом случае цикл возобновляется, т. е. снова подсчитываются невязки по 0-му, 1-му и т. д. узлам, причем перед началом  $z+1$ -го цикла признаку  $j$  снова придается значение 0, где  $i$  — номер узла сети или колонки узловой матрицы;  $K$  — номер элемента сети или строки узловой матрицы;  $C_{\kappa,i}$  — элемент узловой матрицы.

Программа расчета, предлагаемая в настоящем руководстве, предназначается, в первую очередь, для решения задачи свободного распределения воздуха. Однако без каких-либо изменений она может быть использована и для некоторых других задач.

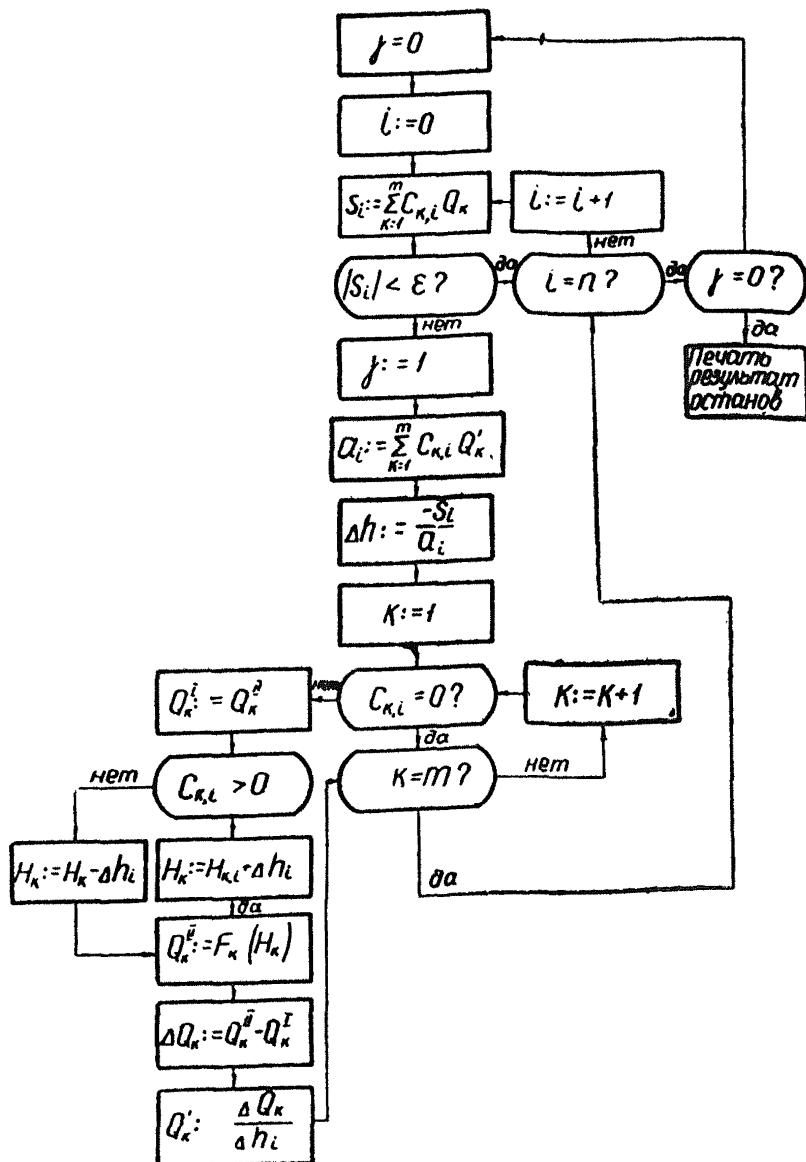


Рис. 19. Блок-схема циклического вычислительного процесса.

Пусть, например, требуется определить, какой аэродинамической характеристикой должен обладать  $k$ -й элемент сети, чтобы по этому элементу пошло заданное количество воздуха  $Q=q$ .

Примем сначала для параметров характеристики (III.21)  $k$ -го элемента сети значения

$$A_k = 0; H_k = 0; Q_{0,k} = -q.$$

Очевидно, в ходе расчета величина  $Q_k$  будет сохранять постоянное значение  $Q_n = q$ . Депрессия же  $k$ -го элемента будет от цикла к циклу меняться, пока не достигнет искомого значения.

Если  $k$ -й элемент сети пассивный, то

$$R_k = \frac{|H_k|}{q^2}$$

или

$$A = \frac{|b|}{\sqrt{|H_k|}}$$

Если же  $k$ -й элемент сети — вентилятор, то заданная величина  $q$  и найденная расчетным путем величина  $H_k$  определяет режим его работы.

Задаваясь различными значениями  $Q_k$  и получая каждый раз расчетным путем соответствующие значения  $H_k$ , можно найти любое количество точек «условной характеристики сети по данному ее стволу», т. е. кривой, выражающей зависимость количества воздуха, проходящего по этому стволу от депрессии, развиваемой у его устья, при условии, что вентиляторы, установленные на остальных стволях, работают на заданных характеристиках.

Если сеть проветривается одним вентилятором, то выбор его не труден, так как в этом случае сеть имеет характеристику, однозначно определяемую ее аэродинамическим сопротивлением.

Но при работе нескольких вентиляторов понятие «сопротивление сети» теряет смысл, так как режим работы каждого из вентиляторов зависит не только от сопротивлений пассивных элементов сети, но и от характеристик, на которых работают остальные вентиляторы.

В этом случае при выборе вентилятора для  $k$ -го ствола следует воспользоваться условной характеристикой сети по  $k$ -му стволу.

Положим, что кривая  $abcd$  (рис. 20) представляет собой условную характеристику сети по  $k$ -му стволу, а точкой  $d$  определяется требуемый режим работы вентилятора, который должен быть установлен на этом стволе.

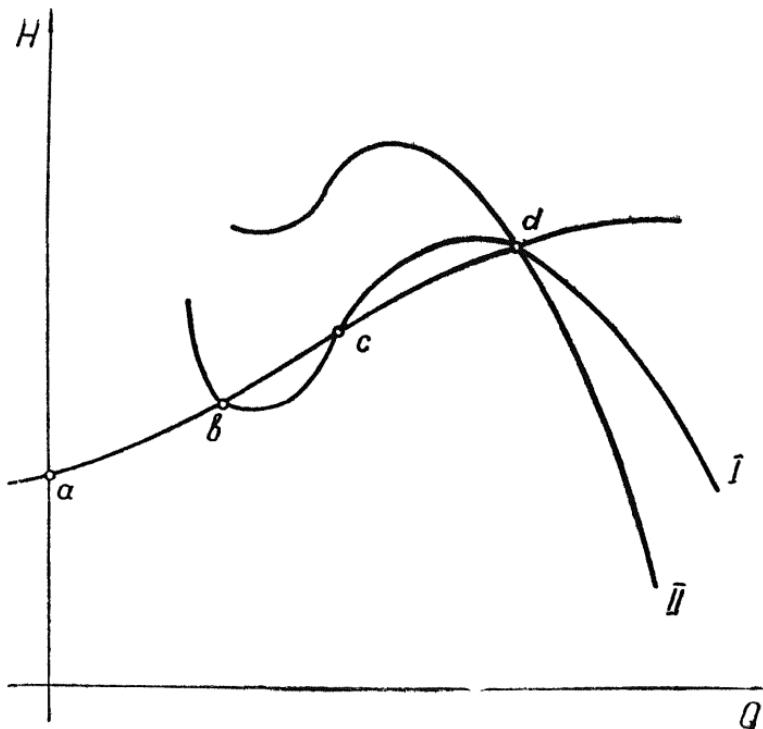


Рис. 20. Построение характеристики сети при совместной работе вентиляторов

Эту точку содержат характеристики вентиляторов I и II, но характеристика I пересекает условную характеристику сети еще в двух точках  $b$  и  $c$  тогда как характеристика II не имеет других точек пересечения с условной характеристикой сети, т. е. устойчивая работа обеспечивается с характеристикой II.

### III.5. Применение метода узловых матриц при нагнетательном способе проветривания

При решении задачи естественного распределения методом узловых матриц код элемента сети, представляющий собой поверхностный вентилятор, имеет вид  $Q-i$  ( $i$  — номер узла, к которому присоединен вентилятор). За положительное направление движения воздуха принято направление от 0 к  $i$ .

Если вентилятор работает на всасывание и режим его работы лежит в пределах кривой, представленной на рис. 18, то депрессия его всегда положительна, а производительность — отрицательна, так как воздух фактически должен идти от узла  $i$  к узлу 0, а положительным считается обратное направление.

Если вентилятор работает на нагнетание в нормальном режиме, то воздух идет от узла 0 к узлу  $i$ , то есть  $Q > 0$ ; а  $H < 0$ .

Поэтому для нагнетательного вентилятора в выражении (III.21) следует  $H$  заменить на  $-H$ .

$$Q = -\operatorname{sign}(-H - H_0) \frac{1}{\sqrt{R}} \sqrt{|-H - H_0|} + Q_0$$

или

$$Q = \operatorname{sign}(H + H_0) \frac{1}{\sqrt{R}} \sqrt{|H + H_0|} - Q_0 \quad (\text{III.23})$$

Сравнивая выражения (III.21) и (III.22), видим-производительность всасывающих и нагнетательных вентиляторов вычисляют по различным алгоритмам, что требует включения в программу новых блоков.

Чтобы избежать этого, можно поступить следующим образом.

Параметры  $R$ ,  $H_0$ , и  $Q_0$ , определяемые при аппроксимировании типовой характеристики вентилятора, оставляем неизменными, независимо от характера работы вентилятора, а вместо выражений (III.21) и (III.23) примем общее выражение

$$Q = \operatorname{sign}(H - C) \frac{1}{\sqrt{R}} \sqrt{|H - C|} - B, \quad (\text{III.24})$$

в котором для всасывающего вентилятора  $C = H_0$ ;  $B = Q_0$ , а для нагнетательного  $C = -H_0$ ;  $B = -Q_0$ .

Связь между депрессиями узлов  $a$  и  $b$  и депрессией элемента  $a-b$  при любом способе проветривания определяется выражением

$$H_{a-b} = h_b - h_a$$

При всасывающем проветривании величины узловых депрессий для всех узлов сети положительны, при нагнетательном проветривании — отрицательны, при комбинированном проветривании — могут быть и положительными и отрицательными. В общем случае узловые депрессии можно всегда принимать положительными, возрастающими по ходу движения воздуха.

### III. 6. Применение метода узловых матриц при учете естественных депрессий

При действии в сети естественных депрессий расчет сети на ЭВМ с использованием метода узловых матриц имеет свои особенности. После внесения в расчетную схему естественной тяги комбинацией условных вентиляторов в отдельных ветвях появляются источники с характеристиками  $h=const$ . Выражение (III.20) такую характеристику не описывает. Для того, чтобы не менять программу, используют понятие активизированной ветви. Два последовательных элемента: ветвь и включенный в нее условный вентилятор — представляются как один с суммарной характеристикой.

Пусть ветвь имеет характеристику  $h=RQ^2$  (рис. 21), условный вентилятор, включенный в нее встречно, характеристику  $+h_e$ , а попутно  $-h_e$ . Тогда при попутном включении суммарная (активизированная) характеристика ветви выразится  $RQ^2-h_e$ , а при встречном  $-RQ^2+h_e$ . Обратный знак перед  $h_e$  при совпадении направления его действия и обхода контура вытекает из второго закона сетей. Характеристика  $RQ^2+h_e$  (рис. 20) представляет собой параболу с вершиной, не проходящей через 0. Выражение (III.21) описывает параболу, вершина которой лежит в точке с координатами  $H_0$  и  $Q_0$ . В случае активизированной характеристики  $H_0=\pm h_e$ ,  $Q_0=0$ . Следовательно выражение (III.21) примет вид:

при включении условного вентилятора, попутно предполагаемому движению струи  $Q=sign(H+H_e) A \sqrt{H+H_e}$ ,

при встречном  $Q=sign(H-H_e) A \sqrt{H-H_e}$ .

Величина  $H$  в данном случае равна  $H=h_a-h_e$ , где  $h_a$  и  $h_e$  — соответственно первоначально принятые условные депрессии в точках, ограничивающих ветвь.

При анализе результатов расчета сети не следует забывать, что в контуре с естественной тягой сумма депрессий ветвей равна  $h_e$ , а не 0.

### III.7 Распределение оперативной памяти под промежуточные данные

$$\left. \begin{array}{l} 6500 \\ 6500+M-1 \end{array} \right\} \sigma_i \delta_i \Delta_i n_i (i=0,1, \dots, M-1).$$

Переменные:  $\sigma_i$  записывается в знаковом разряде;

$\delta_i$  записывается в разрядах 1-12;

$\Delta_i$  записывается в разрядах 13-24;

$n_i$  записывается в разрядах 26-36;

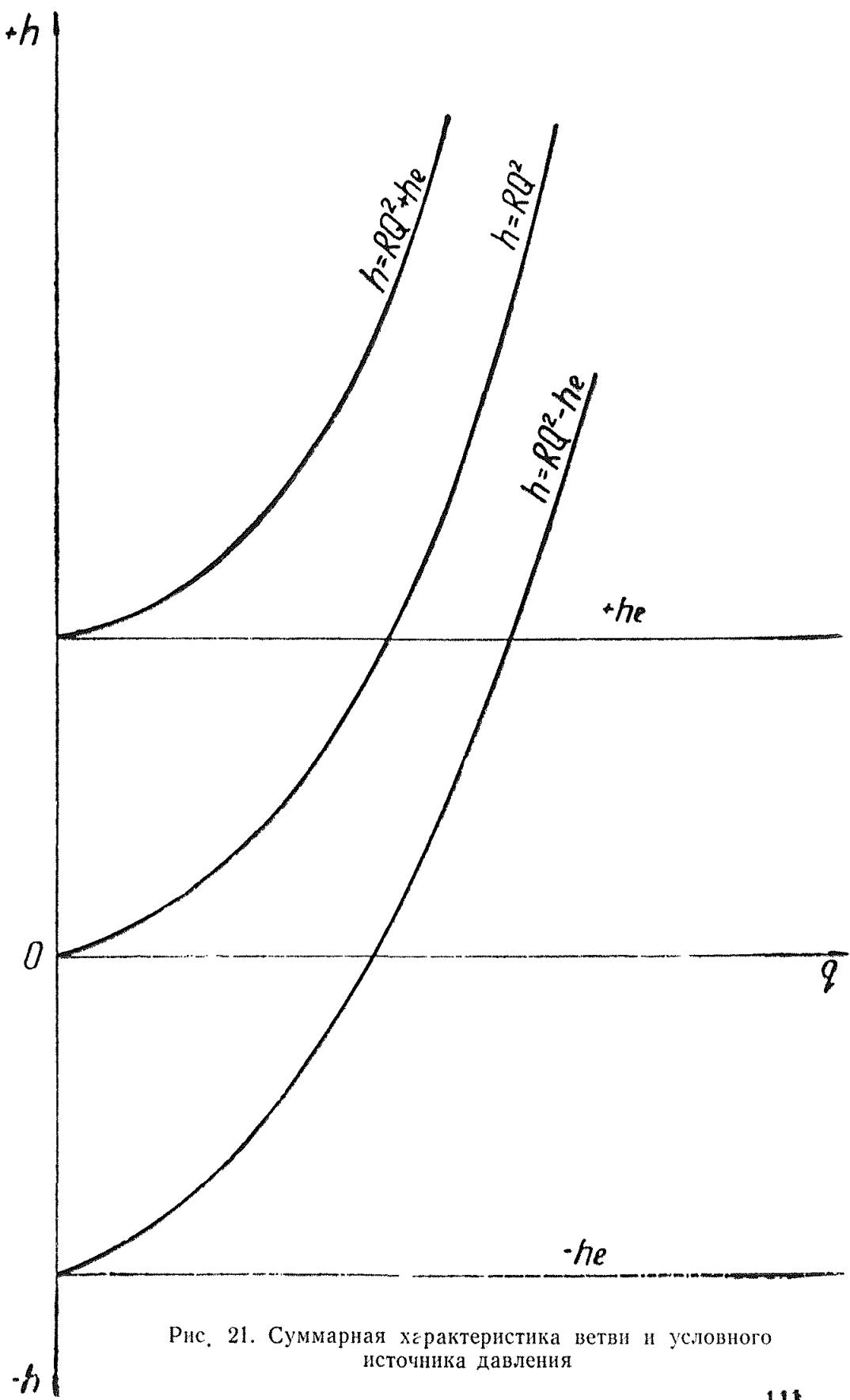


Рис. 21. Суммарная характеристика ветви и условного источника давления

Начиная с ячейки 1 0000, записывается матрица связи элементов и узлов сети. Эта матрица состоит из последовательности столбцов, каждый из которых соответствует одному из узлов сети.

Структура столбца, соответствующего  $i$ -му узлу сети, имеет следующий вид

$\tau_1 \ n_i - 1 \ 0000 \ \eta_1$

$\tau_2 \ 00000000 \ \eta_2$

$\tau_{n_i} \ 00000000 \ \eta_{n_i}$

Здесь  $n_i$  — количество элементов, сходящихся в  $i$ -м узле;  $\eta_1, \dots, \eta_{n_i}$  — номера элементов, сходящихся в данном узле; величины  $\tau_1, \dots, \tau_{n_i}$ , записываемые в знаковом разряде, являются признаком того, входит ( $\tau=1$ ) ли поток воздуха в данный элемент из данного узла или выходит ( $\tau=0$ ).

Работа программы состоит из трех этапов:

1 — перевод из 10 с/с в 2 с/с и вывод на узкую печать исходных данных;

2 — формирование и вывод на узкую печать промежуточных величин;

3 — увязка сети и вывод на узкую печать депрессий и потоков воздуха.

### Исходные данные

0,100)  $N - 1$  0000 0000  $N$  — к-во элементов  
1)  $M - 1$  0000 0000  $M$  — к-во узлов

2)  $\varepsilon$   $\varepsilon$  — точность

3)  $n_1$   $i_1$  0000  $i_v$  ( $V=1, \dots, P$ ) — начальные  
4)  $n_2$   $i_2$  0000 номера выводимых результатов

$n_p$   $i_p$  0000  $n_v$  ( $V=1, \dots, P$ ) — к-во выводимых результатов

1000 }  $\alpha_j \ \beta_j$  — код сети ( $j=0, 1, \dots, N-1$ )  
1000+ $N - 1$  }

2100 }  $H_j$  — депрессия элементов ( $j=0, 1, \dots, N-1$ )  
2100+ $N - 1$  }

$$\begin{aligned}
 & 3200 & A_j & \text{— проводимости} \\
 & 3200+N-i & \} & \text{элементов} \\
 & 4300 & Q^o_i & (j=0,1,\dots, N-1) \\
 & 4300+N-1 & \} & \gamma_1, \dots, \gamma_{36} \text{ — 36 разрядный клавиши-} \\
 & & \text{ный набор}
 \end{aligned}$$

### III.8. Анализ совместной работы вентиляторов главного проветривания

Выше указывалось, что при работе нескольких вентиляторов на общую сеть понятие «сопротивление сети» теряет смысл. По той же причине нельзя говорить о «параллельной работе вентиляторов», а можно лишь говорить о совместной их работе.

Пользуясь прилагаемой программой, можно определить степень влияния источников тяги друг на друга.

Для этого достаточно построить условную характеристику (рис. 20)  $a, b, c, d$ ; т. е. получить в результате решения точки  $a, b, c, d$ .

Порядок получения этих точек следующий. Допустим, на сеть работает два источника тяги с индивидуальными характеристиками I и II (рис. 20), рабочие части которых аппроксимируются выражением (III.21).

Необходимо исследовать, как влияет вентилятор II при его нормальной работе на вентилятор I:

1) вентилятор I выдает из шахты  $Q_0=0 \text{ м}^3/\text{с}$  воздуха, т. е. получаем точку  $a$ , для чего достаточно в выражении (III.20) принять  $Q_0=-a=0, A=0$  и  $H-H_0=H$  точки подсоединения I.

2) вентилятор I выдает из шахты  $Q=b \text{ м}^3/\text{с}$ , т. е. получаем точку  $b$  (в выражении (III.21)  $Q_0=-b, A=0, H-H_0=H$  узла).

3) вентилятор I выдает из шахты  $Q=c \text{ м}^3/\text{с}$ , т. е. получаем точку  $c$  (очевидно, что в (III.21)  $Q_0=-c, A=0$  и  $H-H_0=H$  узла).

4) этим способом получаются и координаты точки  $d$ .

Соединив точки, получим условную характеристику влияния сети и вентилятора II на вентилятор I.

При решении всех этих вариантов характеристика вентилятора II задавалась каждый раз выражением (III.21).

Ордината точки  $a$ , очевидно, выражает глубину влияния II вентилятора на I и имеет следующий фактический смысл. Вентилятор I должен развить депрессию  $H_0=a$  при работе II вентилятора для того, чтобы воздух через него не поступал в шахту под действием II вентилятора.

Наклон кривой  $a, b, c, d$  зависит от аэродинамических свойств элементов, образующих общую сеть.

Очевидно, что описанный метод пригоден для любой сети с практически неограниченным числом источников тяги.

Очевидно также, что совмещая условную характеристику сети с индивидуальными характеристиками различных вентиляторов, можно выбрать источник тяги.

В практике решения различных задач иногда возникает необходимость либо введения в сеть некоторых элементов, либо их исключения (как активных, так и пассивных). Выгодным отличием предлагаемой программы является то, что она позволяет это делать практически без предварительной подготовки. Так для того, чтобы исключить какой-либо элемент (пассивный) достаточно в таблице исходной информации в соответствующей ячейке принять  $A=0$  (это, очевидно, можно осуществить непосредственно с пульта машины); если же исключается активный элемент, то кроме этого принимается  $Q_0=0$  и  $H=H_0=H$  узла.

Размерность задачи при этом сохраняется.

Для того, чтобы дополнительно ввести какой-либо элемент, необходимо заполнить ближайшие сводные ячейки во всех массивах по правилу, описанному ниже в примере решения задачи свободного распределения воздуха. Разумеется, что в этом случае изменяется размерность задачи.

### III.9. Пример решения задачи свободного распределения воздуха

Для решения необходимо в оперативную память машины «Минск-22» ввести исходную информацию в программу счета (приложение 3).

Вся необходимая для этой цели информация записывается в 4-х массивах первого блока. Размер каждого массива составляет 1100 в восьмеричной системе.

1-й массив — начальный адрес 1000 — отведен для записи кода сети.

2-й массив — начальный адрес 2100 — отводится для записи начальных депрессий элементов сети.

В 3-м массиве, начиная с адреса 3200, записываются аэродинамические проводимости элементов.

4-й массив — начальный адрес 4300 — признаковый массив, где записываются свободные члены выражения (III.21). По этому признаку пассивные элементы сети (не содержащие источников тяги) отличаются машиной от активных элементов.

В результате решения получаются значения  $Q(m^3/c)$  и  $H$  (мм вод. ст.) для каждого элемента сети, отвечающие с за-

данной степенью точности двум законам потокопроводящих сетей. Результаты решения записываются в 1-м блоке и 2-х массивах: 2100 —  $H$  (мм вод. ст.) и  $1000 \cdot Q$   $\text{м}^3/\text{с}$  и выдаются на «узкую печать».

Опишем далее порядок заполнения каждого массива.

## 2. Массив кода сети

В этом массиве, начиная с адреса 1000, записывается упорядоченный код вентиляционной сети. Способ кодирования и порядок заполнения массива для простоты изложения покажем на конкретном примере.

На рис. 22 представлена схема вентиляционных соединений шахты «Шаханская» комбината «Карагандауголь».

Каждому узлу вентиляционной сети присваивается свой номер (не допускается пропуск либо повторение номеров) таким образом, чтобы направление движения воздуха, принятое за положительное, по любому элементу совпадало с возрастанием номеров. Достичь такой расстановки номеров не трудно, если придерживаться следующего правила: узлу присваивается номер только в том случае, когда входящие в узел элементы уже обозначены с одной стороны.

Вполне очевидно, что нулевой узел расположен на поверхности.

Так, в приведенном номере нулевой узел (поверхность) связан посредством элементов 0-1, 0-4, 0-5, 0-6, 0-7, 0-10, 0-54, 0-56, 0-112 с узлами 1, 4, 5, 6, 7, 10, 54; 56; 112. Среди этих элементов 0-10, 0-56, 0-112 являются активными (т. е. в узлах 10, 56, 112 к сети подключены источники тяги).

Узел 1 связан с узлами 2 и 3, 2-й с узлами 3 и 22 и т. д. Проследить эти связи по схеме вентиляционных соединений нетрудно.

Столбец 3 табл. 17 представляет собой упорядоченную запись кода сети. Записанный таким образом код сети подготовлен к перфорации.

Из табл. 17 видно, что задача имеет следующую размерность: число элементов в восьмеричной системе исчисления  $m=260$ , число узлов в восьмеричной системе  $n_8=160$  ( $112_0 = 160_8$ ).

Запятая между цифрами, обозначающими узлы вентиляционной сети (в столбце кода сети) машиной воспринимается как соответствующая связь.

По коду составляется таблица соответствия узлов и элементов сети (машинная запись узловой матрицы сети), которая записывается во 2-м блоке, начиная с нулевой ячейки.

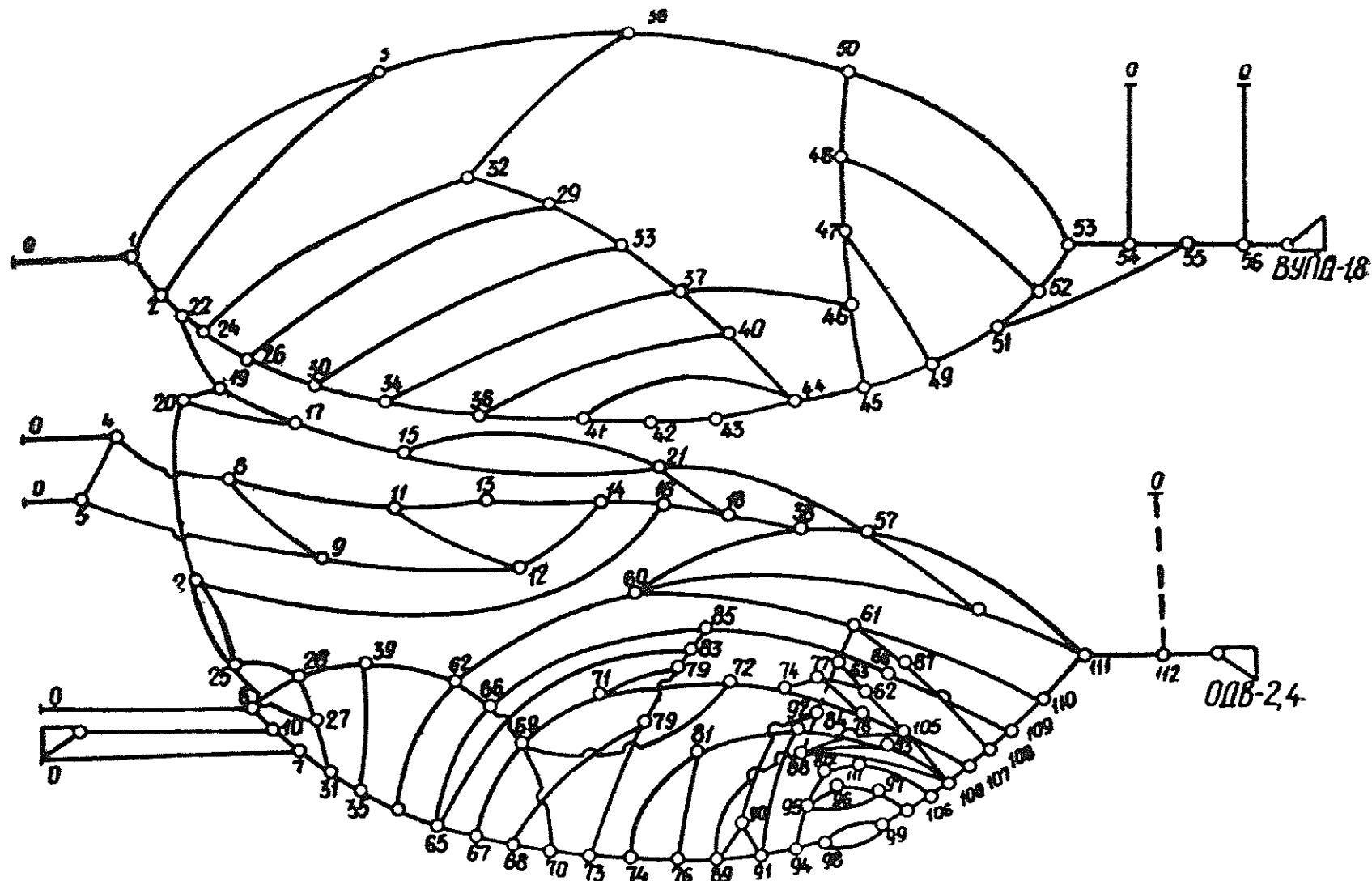


Рис. 22. Расчетная схема вентиляционной сети.

## 2. Массив начальных депрессий

Основным требованием алгоритма является выбор таких начальных депрессий элементов сети, которые строго отвечают требованиям 2-го закона сетей. Получить такую согласованную систему депрессий нетрудно, если иметь, как доказано в 1-м разделе, принятую систему узловых депрессий. Практика показала, что чем ближе значения узловых депрессий к истинным (по действующим шахтам), тем быстрее сходится процесс вычисления. Обычно за начальные узловые депрессии принимаются значения, определенные как средние из результатов непосредственных замеров. Имея значения принятых узловых депрессий, начальные депрессии элементов определить нетрудно как разницу между значениями узловых депрессий узлов, ограничивающих элемент. Так депрессия элемента 0-1 равна разнице между узловыми депрессиями 1-го и 0-го узла, элемента 1—2, 2-го и 1-го и т. д. (возможны и отрицательные значения начальных депрессий элементов).

Разумеется, необходимо проследить по начальным узловым депрессиям, чтобы в каждом узле вентиляционной сети был минимум один вход и один выход воздушной струи, в противном случае понятие «узел» теряет свой смысл. Начальные депрессии, вычисленные таким образом, записываются во втором массиве 1-го блока, начиная с адреса 2100 (столбец 5, табл. 17).

Строки, в которые записаны активные элементы сети, заполняются по особому правилу: здесь записывается не начальная депрессия элемента, а начальная разница между узловой депрессией точки подсоединения вентилятора и значением  $H_0$ , определенным из выражения (III.22). Заметим, что в результате решения на печать для активных элементов выдается не депрессия вентилятора  $H$ , а некоторая величина  $Z = H - H_0$ , откуда депрессия будет равна:

$$H = Z + H_0$$

## 3. Массив аэродинамических проводимостей

Величина  $\frac{1}{\sqrt{R}} = A$  в выражении (III.21) нами названа

аэродинамической проводимостью (обратная величина корню квадратному из значения аэродинамического сопротивления).

Для активных элементов «A» определяется из выражения (III.22).

Вычисленные таким образом значения аэродинамических проводимостей записываются в 3 м массиве первого блока (начиная с адреса 3200). Запись этого массива дана в табл. 17, столбец 7.

Таблица 17

№ пп.	Адрес	Код сети	Адрес	Н	Адрес	А	Адрес	Q <sub>o</sub>	Результаты решения	
									м <sup>3</sup> /с	мм. вод. ст.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1000)	0,1	2100)	4,2	3200)	20,75	4300)		46,21	4,96
1	1	0,4	1	6,1	1	9,43	1		20,95	4,93
2	2	0,5	2	7,37	2	4,22	2		10,86	6,62
3	3	0,6	3	4,9	3	6,89	3		20,14	8,54
4	4	0,7	4	9,0	4	8,35	4		24,05	8,29
5	5	0,10	5	7,0	5	0	5	+ 2,0	— 2,0	8,66
6	6	0,54	6	44,67	6	0,179	6		1,32	54,15
7	7	0,56	7	—252,65	7	1,85	7		H—404,65	—47,84
10	1010)	0,112	2110)	312,60	3210)	0	4310)	+73,78	—73,78	H <sub>B</sub> =152 H <sub>B</sub> =311,9
1	1	1,2	1	6,45	1	19,55	1		44,35	5,15
2	2	1,3	2	11,07	2	0,57	2		1,80	9,96
3	3	2,3	3	4,62	3	4,40	3		9,67	4,83
4	4	2,22	4	2,85	4	24,9	4		34,58	1,93
5	5	3,36	5	4,4	5	5,85	5		11,45	3,83
6	6	4,5	6	1,27	6	0,61	6		0,79	1,68
7	7	4,8	7	4,80	7	10,84	7		20,04	3,42
20	1020)	5,9	2120)	2,52	3220)	8,81	4320)		11,61	1,74
1	1	6,10	1	2,10	1	6,13	1		2,06	0,11
2	2	6,28	2	11,85	2	8,85	2		18,02	4,15
3	3	7,10	3	—2,00	3	0,061	3		0,03	0,36
4	4	7,31	4	3,60	4	11,25	4		23,91	4,52
5	5	8,9	5	—1,01	5	3,52	5		0,13	0,0013
26	1026)	8,11	2126)	2,40	3226)	15,64	4326)		19,8	1,60
7	7	9,12	7	2,15	7	9,3	7		11,64	1,57
30	1030)	11,12	2130)	—1,26	3230)	7,50	4330)		— 1,40	— 0,03
1	1	11,13	1	1,45	1	21,28	1		21,21	0,99
2	2	12,14	2	3,03	2	8,17	2		10,14	1,54

Продолжение табл. 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	13,14	3	0,32	3	2,59	3		1,85	0,51
4	4	13,15	4	0,95	4	19,29	4		19,25	1,0
5	5	14,16	5	2,40	5	8,47	5		11,89	1,97
6	6	15,17	6	0,10	6	32,56	6		8,32	0,06
7	7	15,21	7	11,75	7	3,31	7		10,84	10,72
40	1040)	16,18	2140)	6,63	3240)	4,86	4340)		14,03	8,36
1	1	16,23	1	—1,42	1	2,04	1		—2,16	—1,12
2	2	17,19	2	0,10	2	32,03	2		6,19	0,04
3	3	17,20	3	0,15	3	4,58	3		2,02	0,20
4	4	18,21	4	3,35	4	0,90	4		0,84	0,88
5	5	18,58	5	5,50	5	7,28	5		13,15	3,26
6	6	19,20	6	0,05	6	18,15	6		7,21	0,16
7	7	19,22	7	—2,4	7	10,02	7		—7,13	—0,01
50	1050)	20,23	2150)	0,1	3250)	29,50	4350)		0,21	0,10
1	1	21,57	1	0,65	1	8,26	1		11,61	1,98
2	2	22,24	2	1,80	2	24,94	2		33,44	1,80
3	3	23,25	3	0,30	3	13,58	3		6,93	0,26
4	4	24,26	4	1,35	4	24,12	4		25,26	1,10
5	5	24,32	5	3,10	5	4,90	5		8,11	2,70
6	6	25,27	6	0,10	6	26,51	6		5,99	0,05
57	1057)	25,28	2157)	0,4	3257)	2,45	4357)		0,86	0,01
60	1060)	26,29	2160)	0,6	3260)	7,54	4360)		5,70	0,48
1	1	26,30	1	0,95	1	25,30	1		19,99	0,62
2	2	27,28	2	0,3	2	3,15	2		0,83	0,07
3	3	27,31	3	—3,85	3	11,34	3		5,02	0,20
4	4	28,39	4	6,55	4	6,63	4		14,64	8,77
5	5	29,32	5	0,95	5	0,72	5		0,76	1,12
6	6	29,33	6	1,25	6	6,91	6		4,46	0,42
7	7	30,33	7	0,9	7	8,90	7		4,62	0,27
70	1070)	30,34	2170)	0,35	3270)	34,56	4370)		15,39	0,20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	1	31,35	1	8,4	1	9,93	1		28,86	8,44
2	2	32,36	2	1,01	2	5,99	2		8,96	2,24
3	3	33,37	3	0,1	3	15,92	3		9,16	0,33
4	4	34,37	4	0,65	4	9,20	4		5,84	0,40
5	5	34,38	5	0,65	5	20,37	5		9,66	0,22
6	6	35,39	6	2,3	6	15,53	6		7,01	0,20
7	7	35,64	7	7,32	7	8,20	7		21,94	7,16
100	1100)	36,50	2200)	5,18	3300)	8,84	4400)		20,40	5,33
1	1	37,40	1	0,1	1	9,85	1		1,60	0,03
2	2	37,46	2	3,42	2	5,19	2		13,49	6,75
3	3	38,40	3	0,1	3	7,87	3		3,56	0,20
4	4	38,41	4	0,4	4	10,55	4		6,21	0,35
5	5	39,62	5	8,4	5	10,14	5		26,64	6,90
6	6	40,44	6	0,8	6	9,67	6		5,19	0,29
7	7	41,42	7	0,2	7	9,94	7		2,04	0,04
110	1110)	41,44	2210)	0,5	3310)	11,14	4410)		4,24	0,14
1	1	42,43	1	0,2	1	9,93	1		2,04	0,04
2	2	43,44	2	0,1	2	8,61	2		2,12	0,06
3	3	44,45	3	2,75	3	4,53	3		11,64	6,61
4	4	45,46	4	—0,23	4	1,77	4		— 0,07	— 0,17
5	5	45,49	5	4,23	5	4,33	5		12,49	8,32
6	6	46,47	6	0,35	6	14,09	6		12,83	0,83
7	7	47,48	7	0,29	7	8,38	7		4,92	0,34
120	1120)	47,49	2220)	4,11	3320)	2,90	4420)		8,02	7,66
1	1	48,50	1	1,73	1	0,35	1		0,04	0,01
2	2	48,52	2	13,23	2	1,12	2		4,96	19,60
3	3	49,51	3	11,75	3	5,95	3		20,56	11,95
4	4	50,53	4	12,68	4	4,51	4		20,51	20,68
5	5	51,52	5	—2,34	5	5,57	5		3,24	0,34
6	6	51,55	6	4,37	6	4,91	6		17,45	12,63

Продолжение табл. 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	7	52,53	7	1,18	7	7,95	7		8,30	1,09
130	1130)	53,54	2230)	7,40	3330)	9,42	4430)		28,84	9,37
1	1	54,55	1	—1,87	1	22,38	1		30,27	1,83
2	2	55,56	2	57,35	2	6,13	2		47,72	60,61
3	3	57,58	3	—0,5	3	4,10	3		2,61	0,40
4	4	57,59	4	1,05	4	3,48	4		3,13	0,81
5	5	57,111	5	169,16	5	0,44	5		5,97	184,11
6	6	58,60	6	4,9	6	8,76	6		15,7	3,21
7	7	59,60	7	3,35	7	1,25	7		2,09	2,81
140	1140)	59,110	2240)	146,67	3340)	0,077	4440)		0,99	165,65
1	1	60,61	1	4,90	1	6,93	1		16,38	5,58
142	1142)	60,62	2242)	—2,8	3342	4,25	4442)		1,37	0,10
3	1143)	61,63	3	2,4	3	10,60	3		15,36	2,10
4	4	61,87	4	105,07	4	0,086	4		0,93	116,72
5	5	62,64	5	3,38	5	5,06	5		1,11	0,05
6	6	62,66	6	1,97	6	12,71	6		26,95	4,49
7	7	63,82	7	78,42	7	0,68	7		6,50	9,39
150	1150)	63,84	2250)	0,35	3350)	17,18	4450)		8,83	0,26
1	1	64,65	1	3,85	1	10,98	1		23,15	4,45
2	2	65,66	2	1,5	2	24,43	2		0,30	0,0006
3	3	65,67	3	2,15	3	15,44	3		19,60	1,61
4	4	65,83	4	104,85	4	0,318	4		3,34	110,37
5	5	66,69	5	1,15	5	18,37	5		23,38	1,62
6	6	66,85	6	102,97	6	0,36	6		3,83	113,46
7	7	67,68	7	2,0	7	16,7	7		17,56	1,11
160	1160)	67,69	2260)	0,5	3360)	20,04	4460)		1,91	0,009
1	1	68,70	1	0,25	1	41,1	1		6,88	0,028
2	2	68,75	2	1,3	2	18,69	2		10,68	0,33
3	3	69,70	3	1,75	3	17,92	3		19,01	1,12
4	4	69,71	4	0,6	4	3,19	4		1,24	0,15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	5	69,72	5	0,4	5	13,15	5		5,02	0,145
6	6	70,73	6	0,35	6	50,18	6		25,78	0,264
7	7	71,72	7	—0,2	7	18,66	7		—1,22	—0,04
170	1170)	71,79	2270)	75,8	3370)	0,29	4470)		2,43	70,18
1	1	72,74	1	85,8	1	0,392	1		3,77	92,56
2	2	73,75	2	0,7	2	57,34	2		1,07	0,035
3	3	73,76	3	1,55	3	22,02	3		24,62	1,25
174	1174)	74,77	2274)	0,1	3374)	5,65	4474)		1,69	0,089
5	5	74,78	5	0,2	5	6,35	5		2,15	0,11
6	6	75,79	6	73,6	6	1,41	6		11,70	68,91
7	7	76,80	7	0,21	7	54,85	7		22,44	0,17
200	1200)	76,81	2300)	0,3	3400)	5,0	4500)		2,07	0,17
1	1	77,78	1	0,1	1	2,74	1		0,43	0,02
2	2	77,82	2	0,1	2	5,35	2		1,26	0,055
3	3	78,107	3	13,56	3	0,69	3		2,70	0,21
4	4	79,83	4	25,80	4	2,29	4		14,19	38,43
5	5	80,81	5	0,09	5	7,25	5		0,45	0,0039
6	6	80,89	6	5,72	6	49,78	6		21,9	0,193
7	7	81,92	7	3,13	7	4,84	7		2,43	0,252
210	1210)	82,105	2310)	2,94	3410)	10,28	4510)		7,84	0,582
1	1	83,85	1	—0,38	1	10,05	1		17,63	3,08
2	2	84,88	2	2,05	2	0,76	2		0,89	1,37
3	3	84,90	3	0,95	3	8,05	3		7,89	0,96
4	4	85,86	4	2,15	4	11,0	4		21,58	3,85
5	5	86,87	5	5,68	5	12,97	5		8,25	0,404
6	6	86,109	6	3,73	6	9,10	6		13,45	2,18
7	7	87,108	7	—2,05	7	13,47	7		9,30	0,48
220	1220)	88,89	2320)	0,2	3420	5,75	4520)		—1,87	—0,105
1	1	88,93	1	—0,0	1	1,58	1		0,28	0,032
2	2	88,105	2	79,96	2	0,26	2		2,47	90,33

Продолжение табл. 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	89,90	3	1,3	3	1,15	3	—	0,64	— 0,308
4	4	89,91	4	—0,16	4	82,0	4	—	20,57	— 0,063
5	5	90,91	5	1,14	5	11,74	5	—	7,15	0,371
226	1226)	91,92	2326)	—2,34	3426	15,3	4526	—	0,13	— 0,0007
7	7	91,94	7	2,50	7	17,10	7	—	27,75	2,63
230	1230)	92,93	2330	1,3	3430	8,0	4530	—	2,18	0,07
1	1	93,106	1	76,58	1	0,25	1	—	2,38	90,98
2	2	94,95	2	6,1	2	9,64	2	—	14,99	2,32
3	3	94,98	3	0,8	3	16,16	3	—	12,64	0,61
4	4	95,96	4	1,9	4	10,65	4	—	9,97	0,88
5	5	95,97	5	31,15	5	0,16	5	—	1,35	53,12
6	6	95,102	6	11,33	6	2,39	6	—	3,64	2,33
7	7	96,97	7	29,25	7	0,95	7	—	7,49	62,24
240	1240)	96,101	2340)	16,10	3440)	2,00	4540)	—	2,45	1,50
1	1	97,100	1	30,5	1	2,14	1	—	8,96	17,53
2	2	98,99	2	72,61	2	1,45	2	—	12,71	81,20
3	3	99,100	3	—5,56	3	11,97	3	—	12,83	1,15
4	4	100,104	4	14,08	4	10,6	4	—	21,91	4,27
5	5	101,102	5	—6,67	5	6,28	5	—	1,43	— 0,0052
6	6	101,103	6	—3,09	6	8,47	6	—	3,78	0,199
7	7	102,103	7	3,58	7	8,41	7	—	2,21	0,251
250	1250)	103,104	2350)	60,82	3450)	0,66	4550)	—	5,99	82,34
1	1	104,106	1	8,79	1	25,75	1	—	28,0	1,18
2	2	105,106	2	4,38	2	12,6	2	—	10,42	0,68
3	3	106,107	3	15,0	3	10,91	2	—	40,88	14,04
4	4	107,108	4	7,64	4	15,04	4	—	43,62	8,41
5	5	108,109	5	0,1	5	46,45	5	—	52,99	1,30
6	6	109,110	6	35,3	6	10,69	6	—	66,54	38,75
7	7	110,111	7	21,44	7	16,09	7	—	67,59	17,65
260	1260)	111,112	2360)	113,44	3460)	7,29	4560)	—	73,67	85,66

#### 4. Массив отличия активных и пассивных элементов

Выше отмечалось, что наличие значащих ячеек в этом массиве указывает на то, что в соответствующих элементах сети установлены источники тяги.

Начальный адрес массива 4300.

В этом массиве в строках, где записаны активные элементы, записываются свободные члены ( $Q_0$  со своим знаком) выражения (III. 21). Остальные строки этого массива не заполняются, так как  $Q_0$  для пассивных элементов равно нулю.

В нашем случае значащими ячейками 4-го массива будут ячейки 4304), 4307), 4310), так как в узлах 10; 56; 112 к сети подключены источники тяги (столбец 9, табл. 17).

Рассмотрим теперь частный случай решения задачи свободного распределения воздуха, когда требуется определить потокораспределение по всем элементам сети при строго ограниченном количестве исходящего воздуха.

В этом случае порядок заполнения массивов несколько отличается от вышеописанного. Для уравнения (III.21) принимается  $A_0=0$ ,  $H_0=0$ . Тогда  $Q=-Q_0$ . Для того, чтобы по какому-либо элементу сети получить фиксированное значение  $Q$  достаточно в исходной информации записать:  $A=0$  в массиве проводимостей,  $H=H$  узла для активных элементов,  $H=h$  в массиве начальных депрессий и  $Q_0=-Q_3$  в массиве отличия активных и пассивных элементов.

К такому же приему приходится прибегать и тогда, когда по каким-либо причинам нельзя установить фактический режим работы вентиляторов главного проветривания.

Так, в описанном случае два вентилятора (0-10 и 0-112) работают неустойчиво, поэтому задача распределения воздуха по шахте решалась при условии, что по этим вентиляторам выдавалось строго определенное количество воздуха, численно равное среднему арифметическому из нескольких замеров в канале вентиляторов.

Необходимо заметить, когда производительность вентиляторной установки жестко фиксируется, критерием для оценки решения может служить величина полученной депрессии.

Выше описан способ подготовки исходной информации при решении задачи свободного распределения воздуха применительно к действующим шахтам.

При решении такой задачи для проектируемой шахты исходная информация готовится в том же виде с той лишь разницей, что значения аэродинамических проводимостей получаются здесь через табличные значения коэффициентов аэродинамического трения ( $\alpha$ ), а узловые депрессии подсчитывают-

ся сугубо ориентировочно посредством суммирования депрессии элементов, определенных из выражения  $h=RQ^2$ ,  
где  $R$  — теоретическое значение аэродинамического сопротивления;

$Q$  — примерное (либо необходимое) количество воздуха, проходящее по соответствующему элементу.

При решении задач для проектируемых шахт необходимо работу выполнять в такой последовательности:

1. Составить полную схему вентиляции либо схему вентиляционных соединений.

2. Пронумеровать каждый узел сети описанным выше способом (еще раз напомним, что не допускается пропуск либо повторение номеров), то есть получить код сети.

3. На схеме вентиляционных соединений нанести все вентиляционные устройства (вентиляционные сопротивления, двери, кроссинги и т. д.).

4. Определить для каждого элемента величины аэродинамических проводимостей  $A = \frac{1}{VR}$ , где  $R$  определяется

либо через табличные значения ( $\alpha$ ), либо по аналогии с фактическим сопротивлением действующих шахт, находящихся в аналогичных условиях.

5. Получить начальные депрессии элементов сети посредством узловой депрессии.

6. Составить уравнение (III.21) для активных элементов, если источники заранее выбраны, либо строго зафиксировать количество исходящего воздуха по активным элементам ( $A=0$ ,  $H=H$  узла,  $Q=Q_{\text{задан}}$ ), и таким образом выбрать необходимый источник тяги.

7. Получить машинное решение, тщательным образом проанализировать его, обратив особое внимание на обеспеченность каждого объекта проветривания потребным количеством воздуха и на режим работы вентиляторных установок с учетом резерва по  $Q$  и  $H$ .

8. Уточнить после этого схему вентиляции и проделать решение заново, что позволит, в конечном счете, составить технически обоснованный проект вентиляции.

#### Порядок расчета на машине «Минск-22»

1. Ввод с перфоленты исходящей информации (либо вызов информации с МЛ).

2. Ввод с перфоленты программы (либо вызов информации с МЛ).

Для чтения (записи) с МЛ рекомендуем следующую программу:

20)	—4700	1100	0000
21)	—4500	0700	0100 — 45 — чтение, 43 — запись
22)	—3000	0020	0000
23)	—0000	0000	0000

3. Ввести число строк и узлов

100) — число строк элементов в восьмеричной системе;

102) — заданная точность;

103) — число строк, считая и нулевую;

104) — 0000 0000 0000

4. Перед пуском нажать на клавишином наборе определенные разряды:

1 — печать кода сети;

2 — перевод кода сети (обязательно);

3 — печать заданных депрессий;

4 — перевод заданных депрессий (обязательно);

5 — перевод проводимости;

6 — перевод проводимости (обязательно);

7 — печать свободных членов;

8 — перевод свободных членов (обязательно);

13 — печать аэродинамических сопротивлений с блокировкой перевыполнения;

16 — печать таблицы соответствия узлов и элементов сети;

17 — формирование таблицы соответствия.

#### Пуск по команде

613 — выдача на печать;

555 — остановка во время счета;

632 — конец счета.

### III.10. Программа переработки программ из режима машины «Минск-22» в режим «Т» (ППРТ)

#### Описание режима «Т»

В машине «Минск-22» структура команды, реализующей арифметические и логические операции, операции пересылки и управления, имеет следующий вид:

КОП				<i>i</i>		<i>A</i> <sub>1</sub>		<i>A</i> <sub>2</sub>
0	67	8	9	12	13	24	25	36

7-й и 8-й разряды кода используются для задания номера блока, к которому относятся ячейки, указанные в первом и втором адресах. В сущности 7-й и 8-й разряды являются старшими разрядами первого и второго адреса соответственно. Эта разрывность в представлении адресов в команде затрудняет формирование и изменение адресов при программировании.

#### Структура индексной ячейки машины «Минск-22»

	<i>n</i> —1		$\Delta A_1$		$\Delta A_2$	
0	1	12	13	24	25	36

позволяет наращивать константу переадресации только до  $(4095_{10})$  ( $7777_8$ ), что не дает возможности двигаться по массиву непрерывно на расстояние большее, чем 4095 и снижает эффективность автоматической переадресации при программировании для двух блоков МОЗУ.

Для устранения перечисленных неудобств, а также для совместимости машины «Минск-22» с другими разрабатываемыми машинами (в частности «Минск-32») введен вариант логики машины, названный режимом «Т» (приложение 4).

Переход к режиму «Т» от основного режима машины состоит в изменении структуры команды; структуры индексной ячейки; в изменениях и дополнениях системы команд: выполнения арифметических операций.

В режиме «Т» структура команды, реализующей арифметические и логические операции, операции пересылки и управления, имеет следующий вид:

КОП	<i>i</i>	$A_1$	$A_2$
0	6	7	10 11 23 24 36

Код операции занимает разряды 0—6, адрес индексной ячейки — 7-10.

В режиме «Т» назначение и исполнение некоторых команд машины «Минск-22» изменилось. Характер этих изменений — перемещение разрядов в командах, запрещение использования некоторых разрядов, запрещение использования некоторых кодов и др. — вызван структурой команд в режиме «Т» и необходимостью совмещения команд машины «Минск-22» в режиме «Т» с системой команд других машин.

#### Назначение ППРТ и рекомендации для ее использования

Нетрудно заметить, что переход от основного режима ЭВМ «Минск-22» к режиму «Т» легко реализуется механической переработкой ячеек — перестановкой некоторых разрядов, сдвигом и т. д. Очевидно, справедливо следующее утверждение — любая программа может быть разделена на конечное число участков (групп ячеек), каждый из которых перерабатывается одним способом.

Для каждого способа переработки нужно написать программу, а затем объединить их управляющей программой, для работы которой подается информация о каждой группе ячеек — длина этой группы и шифр способа ее переработки.

Для правильной подачи информации и для уменьшения длины информационного поля нужно, чтобы перерабатывае-

мая программа была написана в соответствии с правилами оформления программ—перерабатываемая ее часть, поле рабочих ячеек и поле программных констант должны быть расположены в МОЗУ отдельными сплошными участками. Выполнение этих требований является необходимым и достаточным условием быстрой и безошибочной переработки программ в режиме «Т».

### Техническое описание программ

Программа занимает 2000 ячеек МОЗУ:

10040 — 10646 } — рабочая часть программы;  
 11600 — 11777 }  
 10647 — 10777 — константы программы;  
 11000 — 11077 — рабочие ячейки программы;  
 11100 — 11577 — поле для информационной таблицы.

### Инструкция для оператора

Перед работой программы в памяти машины должны находиться следующие величины:

в ячейке 10662)  $n=1$  — — , где  $n$  — длина информационного поля перерабатываемой программы;  
 в ячейке 10670) — —  $A_{ii}$  , где  $A_{ii}$  — адрес первой ячейки перерабатываемой программы;  
 11000 — 11577 — информационная таблица;  
 $A_{ii} + A_k$  — перерабатываемая программа;  
 10000 — 12000 — ППРТ  
 Пуск с ячейки 10040:

### Список остановов ППРТ

СчАК	Регистор 1	Сумматор	Причина останова
10072	Порядковый номер ячейки информационной шкалы, вызвавшей остановов в 8с/с в разрядах 24—36	Содержание ячейки, вызвавшей останов	Неправильно организованная ячейка информационной шкалы (незадейственный шифр типа)
10162	Адрес неправильной ячейки	Содержание неправильной ячейки	Неправильно указан тип перерабатываемой ячейки
10227	—»—	—«—	—»—
10365	—»—	—«—	—»—
10075			Конец переработки

### Типы перерабатываемых ячеек

- 1) Константа переадресации
- 2) Выделитель блока 0060 — —  
 0020 — —  
 0040 — —

3) Все команды, кроме команд обмена с внешними устройствами.

II. Константа числа повторений цикла —  $n$  — I — —

III. Выделители: — 7777 —; — 7777 —; — — 7777.

IV. Информационная таблица для программ.

V. Команды обмена с ВНУ.

VI. Ячейки, составляемые без переработки.

VII. Нормализованный нуль.

VIII. Константы для образования индексных ячеек вида — К К  
Ячейка информационной таблицы имеет следующий вид:  
11100 +) 0000 № типа, К  
№ типа — занимает разряды с 13-го по 24-й;  
К — количество ячеек указанного типа, расположенных подряд  
одна за другой, занимает разряды с 25-го по 36-й.

### III.11. Описание программы расчета шахтных вентиляционных сетей для ЭВМ «Минск-32»

Программа (приложение 4) разбита на две части. Первая часть осуществляет непосредственно расчет. Она расположена в МОЗУ с ячейки 0100 по 777-ю ячейку. В ячейках 0100-0177 расположены константы программы, в ячейках 0200-0777 — программа расчета и вспомогательные программы.

Вторая часть программы осуществляет выдачу исходных данных и результатов расчетов на АЦПУ.

Ячейки 7575—7670 — занимает непосредственно программы.

Ячейки 7671—7777 — занимают константы программы и рабочие ячейки.

#### Инструкция для оператора

Бланк задания на выполнение расчетов по описываемой программе должен быть заполнен так, как указано в табл. 18. Затем нужно ввести программу вызова рабочей программы:

177770)	— 4700	00000	00100
1)	— 4500	00700	00100
2)	— 3000	17770	00000
3)	— 0000	00000	00000
4)	— 4700	00000	01000
5)	— 4500	00205	07575
6)	— 3000	17774	00000
7)	— 0000	00000	00000

Вызвать рабочую программу с магнитной ленты. Для этого набрать с ПМ директиву ПУ-17770◆. Произойдет вызов в МОЗУ первой части программы и останов в ячейке 17774 (СчАК). В сумматоре и Р2 должен быть код С (или машинная единица: С = —7717 17777 17777). Затем набрать директиву 1◆. Произойдет вызов второй части программы. Останов в ячейке 00000 (СчАК). В сумматоре и Р2 — код С. Занести в ячейку 0100)  $n$  — 1 00000 00000, где  $n$  — количество элементов.

Занести: в ячейку 0101)  $m$  — 1 100000 00000,  
где  $m$  — количество узлов,  
в ячейку 0102)  $e$ ,

Таблица 18

„Минск-32“		Бланк задания на выполнение расчета																
		Программа																
Перфорировать на перфолентах перфокартах																		
I	Признак	Идентификатор задания																
II	Признак	Тип машины		Пусковой адрес			Окружение	ЦБКОЛОНКА	УПЧ	БЛМ	В тьюлетайл	КСУ	Пульт инженера	Печать				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

где  $\varepsilon$  — точность вычислений  
в ячейку 0103)  $n$  00000 00000

Нажать на пульте инженера клавиатуры «число» в соответствии с табл. 19.

Таблица 19

Номер клавиши	Пояснения
1	Для печати кода сети
2	Для перевода кода сети
3	Для печати заданных депрессий
4	Для перевода заданных депрессий
5	Для печати проводимости
6	Для перевода
7	Печать свободных членов
8	Перевод свободных членов
13	Печать аэродинамических сопротивлений с блокировкой переполнения
16	Печать таблицы соответствия узлов и элементов сети
17	Формирование таблицы соответствия

Для выдачи исходных данных на АЦПУ в виде таблицы нужно поступить следующим образом:

1. Ввести директиву на останов по адресу ячейки 0555.
2. Пустить программу с ячейки 7575.
3. После останова по адресу пустить программу с ячейки 0613.
4. Останов с ячейки 7715 с индикацией в сумматоре и Р1 кода С.

### III.12. Методика проверки устойчивости режимов работы вентиляторов

При включении в одну сеть нескольких вентиляторов их режимы работы будут взаимозависимы. Изменение любого элемента вентиляционной системы изменяет режимы работы вентиляторов и распределение воздуха. При этом могут наблюдаться неустойчивые режимы работы вентиляторов.

Для окончательного выбора вентиляторов необходимо производить проверку устойчивости. Основное условие устойчивости — режимы работы вентиляторов должны быть однозначны. В этом случае характеристика сети и вентилятора имеют только одну общую точку. Другими словами, при данных сопротивлениях отдельных участков сети каждой паре значений дебита и депрессии в точке присоединения первого вентилятора соответствует только одно значение дебита и депрессии в точке присоединения второго, третьего и т. д. вентиляторов.

Условие устойчивости является одним и тем же для любого метода расчета сети. Однако методы проверки этого условия могут быть различными. Существует несколько методических подходов проверки устойчивости:

- с использованием различных критерии устойчивости;
- определением полных характеристик сети в местах включения вентиляторов;
- определением неполных характеристик сети, характеризующихся рабочими частями аэродинамических характеристик вентиляторов.

Первая методика не нашла практического применения, так как требует сложных вычислений. Поэтому ниже рассматриваются две методики проверки устойчивости путем определения характеристик сети в местах включения вентиляторов. Применение методик рассмотрим на конкретном примере.

Пример.

Имеется вентиляционная сеть (рис. 23, а), которую предполагается пропетривать четырьмя осевыми вентиляторами:

I — ВУП-1,2, II — ВУП-1,8, III — ВУП-2,4, IV ВУП-1,8.  
Сопротивление элементов сети:

$$\begin{aligned} R_0 &= 0,00371; \quad R_{01} = 0,002431; \quad R_{02} = 0,002943; \\ R_1 &= 0,075088; \quad R_2 = 0,042316; \quad R_3 = 0,012342; \\ R_4 &= 0,013869 \text{ кн} \end{aligned}$$

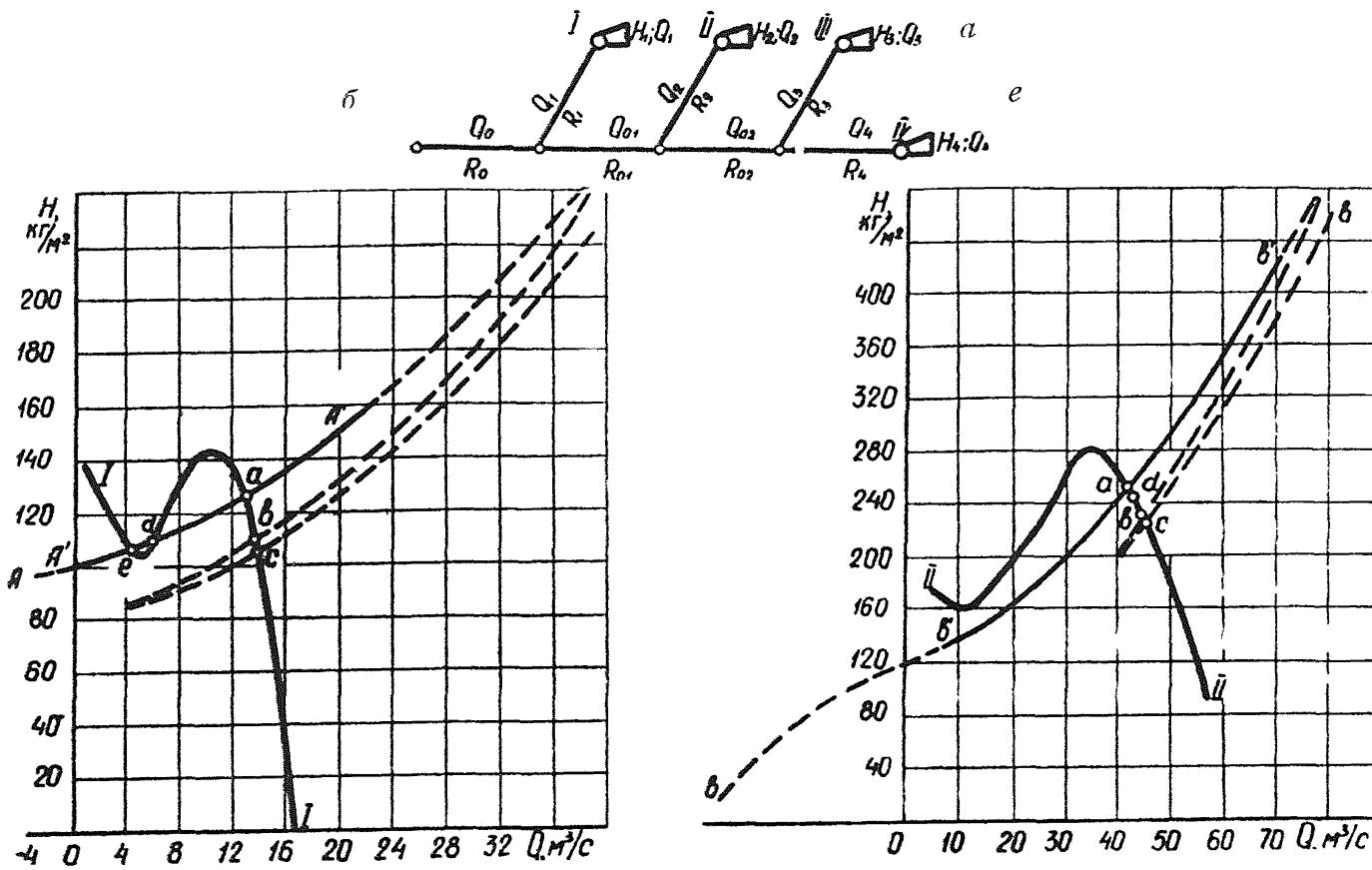


Рис. 23. К определению устойчивости параллельной работы четырех вентиляторов.

В один из периодов эксплуатации подобранные вентиляторы должны обеспечить следующее воздухораспределение:  $Q_1=13 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_2=42 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_3=82 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q_4=37 \text{ м}^3/\text{с}$ . Подобранные вентиляторы обеспечат эти режимы работы при следующих параметрах:

- I  $n=1000 \text{ об/мин}$ ,  $\Theta=30^\circ$ .
- II  $n=730 \text{ об/мин}$ ,  $\Theta=40^\circ$ .
- III  $n=600 \text{ об/мин}$ ,  $\Theta=40^\circ$ .
- IV  $n=730 \text{ об/мин}$ ,  $\Theta=35^\circ$ .

Напорные характеристики вентиляторов I—I, II—II, III—III, IV—IV при этих параметрах приведены на рис. 23, 24. Для окончательного выбора вентиляторов необходимо произвести проверку устойчивости при их параллельной работе.

#### Проверка устойчивости с использованием полных аэродинамических характеристик вентиляторов

Для построения характеристик сети по этой методике необходимо руководствоваться следующим правилом.

В электрическом аналоге любой системы проветривания с несколькими совместно работающими вентиляторами, в котором вольтамперные характеристики аналогов вентиляторов установлены произвольно, а величины электрических сопротивлений эквиваленты аэродинамическим сопротивлениям соответствующих элементов сети, должно быть отрегулировано такое положение, когда установленные по показаниям приборов координаты режимных точек аналогов вентиляторов будут эквивалентны координатам соответствующих точек напорных характеристик всех вентиляторов, за исключением одного, в месте присоединения которого определяется характеристика сети. Напряжение и ток, замеренные у последнего, после перевода их в вентиляционные единицы, будут определять одну точку характеристики сети в месте присоединения этого вентилятора.

Порядок выполнения операций на электроаналоговой установке (ЭМВС-6 при определении характеристики сети, например, для первого вентилятора (рис. 23, a) будет следующим:

1. Произвольно задается для вентилятора I значение дебита, например,  $Q_1=12,0 \text{ м}^3/\text{с}$ .

2. Этому значению дебита должны соответствовать определенные значения режимов работы других вентиляторов. Осуществляется это требование последовательным выводом режимных точек вентиляторов на их соответствующие аэродинамические характеристики.

После нескольких циклов вывода режимных точек вентиляторов II, III, IV значение дебита  $Q_1$  может оказаться не-

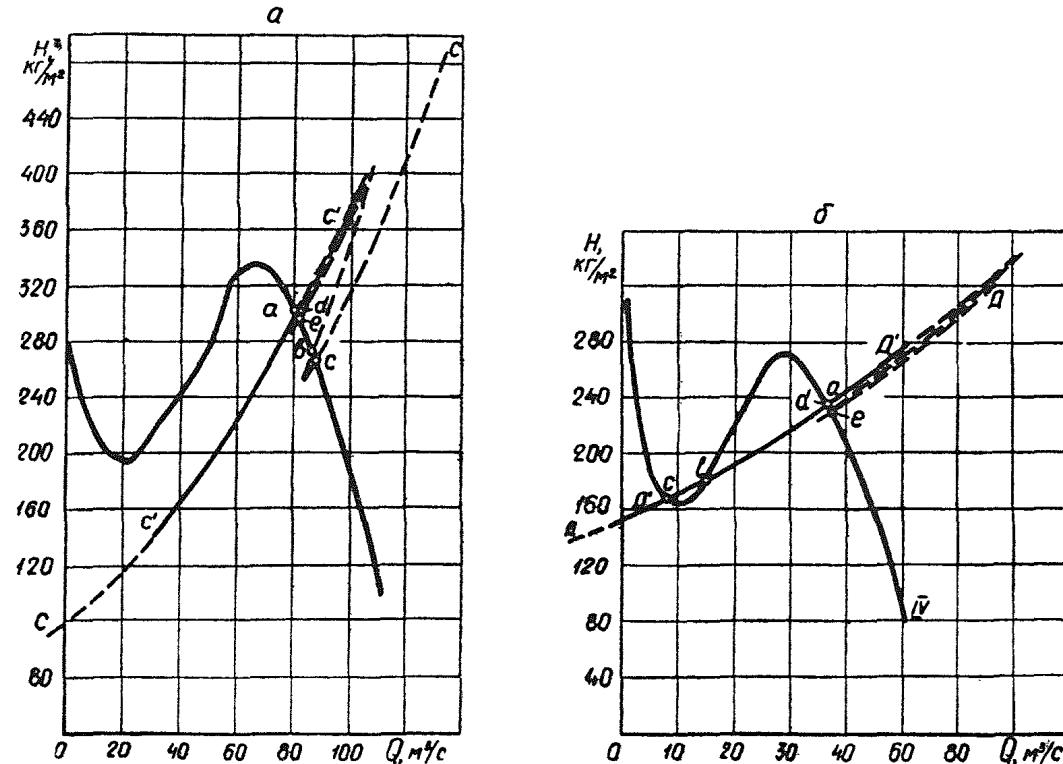


Рис. 24. К определению устойчивости параллельной работы четырехвентиляторов.

сколько иным. Например,  $Q_1 = 13 \text{ м}^3/\text{с}$ . Ему соответствует  $H_1 = 125 \text{ кг}/\text{м}^2$ . Это будет одна из координат точек характеристики сети А-А для вентилятора I. Пользуясь этой методикой, можно построить полные характеристики сети и для других вентиляторов: В-В — для II, С-С, — для III, Д-Д — для IV.

Определив полные характеристики сети, необходимо наложить их на соответствующие графические изображения полных аэродинамических характеристик вентиляторов. Получим координаты сопряженных режимов работы вентиляторов. Для рассматриваемого примера режимы работы вентиляторов определяются сопряженными между собой точками  $a, b, c, d, e$  (рис. 23, 24), координаты которых приведены в табл. 20.

Таблица 20

Режимные точки	$Q_0 \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_{0,1} \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_{0,2} \text{ м}^3/\text{с}$	$H_1 \text{ кг}/\text{м}^2$	$Q_1 \text{ м}^3/\text{с}$	$H_{2,1} \text{ кг}/\text{м}^2$	$Q_2 \text{ м}^3/\text{с}$	$H_{2,2} \text{ кг}/\text{м}^2$	$Q_3 \text{ м}^3/\text{с}$	$H_2 \text{ кг}/\text{м}^2$	$Q_4 \text{ м}^3/\text{с}$
<i>a</i>	174,0	161,0	119,0	125,0	13,0	250,0	42,0	300,0	82,0	236,0	37,0
<i>b</i>	160,6	146,9	102,6	109,6	13,7	231,0	44,3	273,3	87,4	182,2	15,2
<i>c</i>	156,25	142,4	97,4	105,0	13,85	225,6	45,0	265,8	89,1	168,8	8,3
<i>d</i>	168,5	162,8	120,3	107,8	5,70	246,2	42,5	296,8	82,7	232,0	37,6
<i>e</i>	167,7	163,2	120,7	105,8	4,50	245,4	42,5	295,7	83,0	230,4	37,7

Приведенный расчет показывает, что подобранные вентиляторы не могут обеспечить устойчивые однозначные режимы работы.

В данном случае возможность многозначной работы вентиляторов может быть устранена изменением аэродинамических сопротивлений отдельных ветвей вентиляционной сети и подбором вентиляторов с негорбатыми характеристиками или изменением их параметров.

Изложенная методика проверки устойчивости разработана применительно к электроаналоговым установкам и требует большого числа вычислений. Подобный методический подход при расчетах вентиляционных сетей на ЭВМ требует учета в программах полных аэродинамических характеристик вентиляторов. Существующие в настоящее время программы позволяют аппроксимировать только рабочие части характеристик вентиляторов. По этой причине изложенная методика практически пригодна лишь при расчетах сетей на электроаналоговых установках.

#### Проверка устойчивости с использованием рабочих частей аэродинамических характеристик вентиляторов

По этой методике практический ход решения вентиляционных задач с использованием любого из средств вычислительной техники будет выглядеть следующим образом:

— определяются неполные характеристики сети для всех вентиляторов с учетом только рабочих частей характеристик вентиляторов;

— наложением неполных характеристик сетей на соответствующие графические изображения полных аэродинамических характеристик вентиляторов выявляются вентиляторы, у которых имеются пересечения характеристики сети с нерабочей частью характеристики вентилятора.

Известно, что следствием этих пересечений является наличие сопряженных режимных точек на рабочих частях аэродинамических характеристик других вентиляторов.

Результаты расчета на ЭВМ типа *ICL* по данной методике на основе предыдущего примера (рис. 23, 24) сведены в табл. 21.

Для выявления точек пересечения характеристики сети с нерабочей частью полной характеристики вентилятора обычно достаточно координат двух точек характеристики сети, которые бы располагались по обе стороны от «впадин» характеристики вентилятора или определить направление кривой характеристики сети. Например, для вентилятора I достаточно определить координаты двух точек характеристики сети (соответственно для  $Q = -0,5 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $Q = 10 \text{ м}^3/\text{с}$ ), чтобы выяснить возможность пересечения.

Выполнив такой расчет, можно получить картину пересечений характеристик сети с нерабочими частями характеристик вентиляторов. Для нашего примера такие пересечения наблюдаются у вентиляторов I и IV (соответственно характеристики сети  $A^1 - A^1$  и  $D^1 - D^1$ ).

Для устранения неустойчивости необходимо провести отдельные мероприятия или целый комплекс, в число которого входит изменение аэродинамических сопротивлений ветвей, изменение параметров рекомендуемых вентиляторов, замена на другие типы вентиляторов.

После каждого существенного изменения параметров вентиляционной системы необходима проверка устойчивости режимов параллельно работающих вентиляторов.

Путем перебора вариантов необходимо добиться такого положения, чтобы все характеристики сети прошли ниже впадин седлообразных характеристик вентиляторов. В этом случае режимы работы вентиляторов будут устойчивыми.

Изложенная методика очень проста и пригодна при расчетах вентиляционных сетей как на ЭВМ, так и на электронаналоговых установках.

### III.13. Расчет равномерно распределенных утечек через зону обрушения

При расчетах распределения воздуха с равномерно распределенными утечками (подсосами) по длине выработ-

Таблица 21

Вентилятор, для которого определяется характеристика сети	Координаты точек характеристики сети		Сопряженные режимы работы вентиляторов							
			I		II		III		IV	
	$Q, m^3/c$	$H, kg/m^2$	$Q, m^3/c$	$H, kg/m^2$	$Q, m^3/c$	$H, kg/m^2$	$Q, m^3/c$	$H, kg/m^2$	$Q, m^3/c$	$H, kg/m^2$
I	-0,5	98,7	—	—	43,0	242,0	82,0	289,8	38,5	227,2
	10,0	116,2	—	—	42,3	247,7	81,0	294,5	37,8	233,2
II	20,0	165,4	19,3	127,3	—	—	83,6	279,8	39,9	215,6
	50,0	290,3	12,6	129,7	—	—	79,1	301,1	36,5	242,4
III	40,0	164,8	19,2	110,7	46,2	214,7	—	—	44,1	172,0
	80,0	292,9	12,9	123,3	42,2	248,5	—	—	37,7	233,6
IV	20,0	190,5	13,5	111,9	44,0	234,2	85,2	274,6	—	—
	50,0	277,1	19,5	156,8	40,1	263,6	76,2	314,2	—	—

ки (рис. 25 а, б) последние необходимо заменить одной (фактивной) ветвью со средним количеством воздуха  $Q$  (рис. 25, в). Точка ее присоединения определяется по (III.25) и (III.26).

$$R_{AC} = \frac{H_{BA} - R_{AB} \cdot Q_{\text{отв}}^2}{Q_{\text{под}}^2 - Q_{\text{отв}}^2} \quad (\text{III.25})$$

$$R_{CB} = \frac{H_{AB} - R_{AB} \cdot Q_{\text{под}}^2}{Q_{\text{отв}}^2 - Q_{\text{под}}^2} \quad (\text{III.26})$$

где  $H_{AB}$ ,  $Q_{\text{под}}$  и  $Q_{\text{отв}}$  — фактическая депрессия участка АВ и количество воздуха (подходящее к точке А и уходящее из точки В), полученные по результатам депрессионной съемки;

$R_{AB}$  — аэродинамическое сопротивление участка АВ, определенное с учетом вида его крепления, сечения, длины и коэффициента аэродинамического сопротивления.

В связи с тем, что утечки (подсосы) воздуха для шахт, имеющих аэродинамическую связь с поверхностью через обрученное пространство, подчиняются зависимостям

$$H_y = R_y Q_y, \quad (\text{III.27})$$

величина аэродинамического сопротивления ( $R_y$ ) и показатель степени  $n$  определяются на основании замеров, произведенных непосредственно в шахте при двух значениях величины количества воздуха (III.28) ( $Q_{y1}$  и  $Q_{y2}$ ) и депрессии (III.29) ( $H_{y1}$  и  $H_{y2}$ )

$$Q_y = Q_{\text{под}} - Q_{\text{отв}}; \quad (\text{III.28})$$

$$H_y = H_{\text{в}} - H_{AB} | 2 - H_{\text{вд}} \quad (\text{III.29})$$

Показатель степени  $n$  и сопротивление  $R_y$  определяются из (III.30; III.31)

$$n = \frac{\lg H_{y1} | H_{y2}}{\lg Q_{y1} | Q_{y2}}; \quad (\text{III.30})$$

$$\lg R_y = \lg H_y - h \lg Q_y \quad (\text{III.31})$$

В расчетах распределения воздуха в вентиляционной сети такую ветвь необходимо заменить двумя последовательно соединенными ветвями, одна из которых имеет линейную  $R^1$ , а вторая квадратичную  $R$  зависимость депрессии от количества воздуха (III.32).

$$H = R^1 Q + R Q^2. \quad (\text{III.32})$$

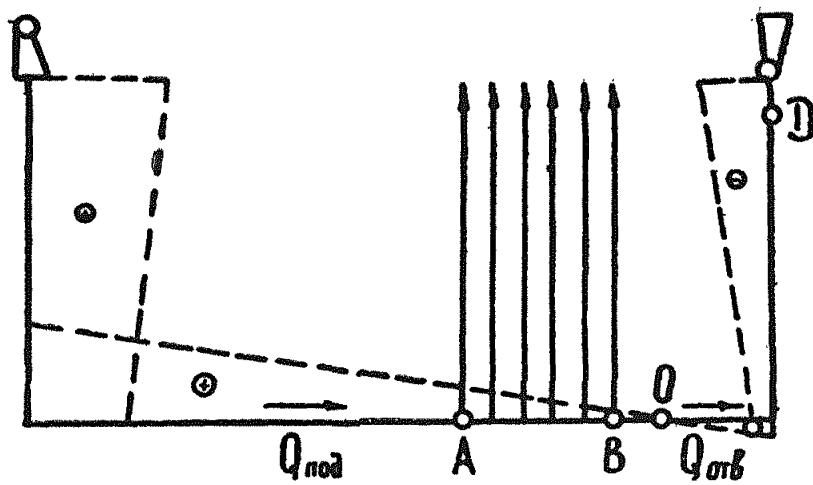
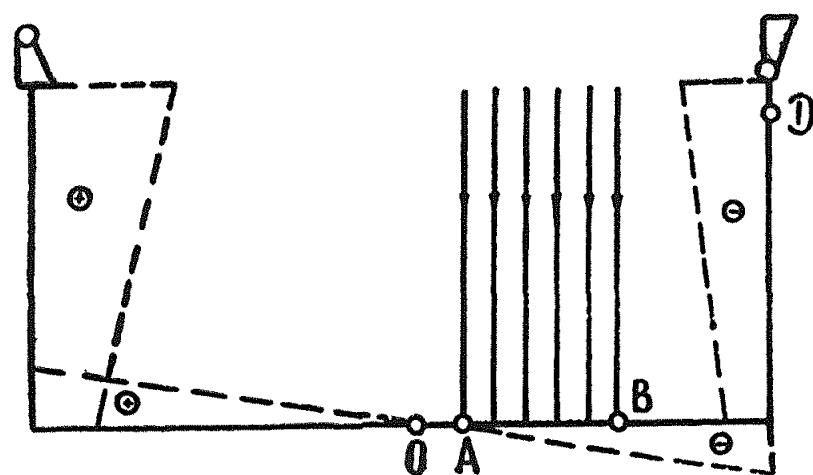
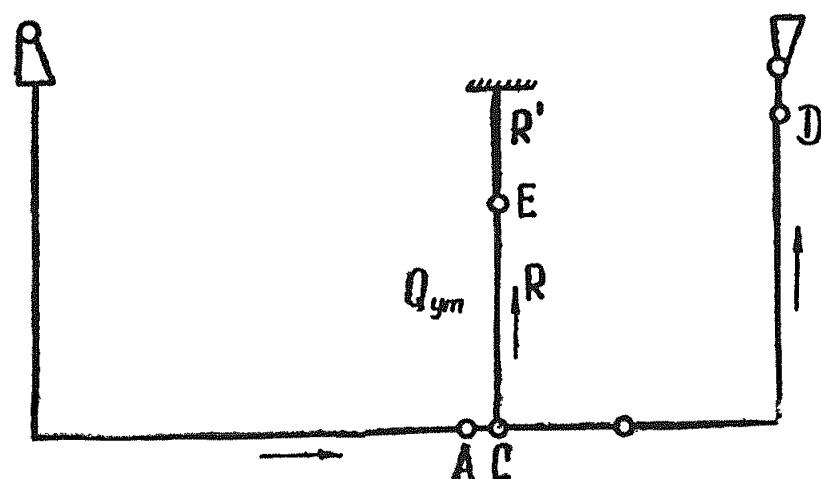
*a**б**в*

Рис. 25. Схема вентиляции шахты с аэродинамической связью с поверхностью и ее эквивалентная схема (в). Распределение эпюр депрессий при утечках (а) и подсосах (б). 0—точка пульевой депрессии по отношению к поверхности.

Величины аэродинамических сопротивлений определяются из системы уравнений (III.33).

$$\begin{cases} H_{y_1} = R^1 Q_{y_1} + R Q_{y_1}^2 \\ H_{y_2} = R^1 Q_{y_2} + R Q_{y_2}^2 \end{cases} \quad (III.33)$$

При расчетах схем вентиляционных соединений, в которых имеются фиктивные ветви утечек воздуха, необходимо учитывать, что полностью эквивалентной замены зоны утечек одной ветвью не существует. Предлагаемая замена справедлива (при заданной точности расчета) только в определенном интервале депрессий, зависящем от соотношения величин линейного и квадратичного сопротивлений, поэтому после определения ожидаемой депрессии  $H_{y_0}$  на всей утечке  $H_y$  необходимо проверить, на какую величину отличается ожидаемая утечка воздуха  $Q_{y_0}$  от действительной, которая должна быть при этой депрессии (III.34).

$$\frac{Q_{y_0} - Q_y}{Q_y} \cdot 100 \leq \delta Q, \quad (III.34)$$

где  $Q_{y_0}$  —ожидаемое количество воздуха, полученное в результате расчета;  
 $\delta Q$  —заданная точность расчета по количеству воздуха (обычно  $5 \pm 10\%$ ).

Величина действительной утечки воздуха  $Q_y$  при ожидаемой депрессии  $H_{y_0}$  определяется из выражения

$$\lg Q_y = \frac{\lg H_{y_0} - \lg R_y}{n} \quad (III.35)$$

В случае недопустимо большого расхождения  $Q_{y_0}$  и  $Q_y$  необходимо уточнить величины линейного и квадратичного сопротивления фиктивной ветви (III.33), определив еще одно значение депрессии утечки при  $Q_{y_{01}}$ , близком к  $Q_{y_0}$  (III.27).

Пример определения точки присоединения и параметров фиктивной ветви утечки воздуха через зону обрушения

По результатам, полученным в процессе депрессионной съемки для двух режимов (табл. 22), определяются показатель степени и сопротивления зоны обрушения на основе выражений (III.28-III.31).

$$Q_{y1} = 126,6 - 121,6 = 5 \text{ м}^3/\text{с}; \quad Q_{y2} = 125 - 119,5 = 5,5 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$H_{y1} = 390 - 57/2 = 258,5 = 103 \text{ мм вод.ст.},$$

$$H_{y2} = 396 - 55,5/2 = 249,6 = 118,6 \text{ мм вод.ст.},$$

$$n = \frac{\lg 103 - \lg 118,6}{\lg 5 - \lg 5,5} = \frac{2,0128 - 2,0741}{0,6990 - 0,7401} = \frac{0,0613}{0,0411} = 1,5$$

$$\lg R_y = \lg 103 - 1,5 \lg 5 = 2,0133 - 1,5 \cdot 0,699 = 0,978, \\ \text{откуда } R_y = 9,5 \text{ мм вод.ст. см}^{-1,5}.$$

В результате совместного решения системы уравнений (III.33)

$$103 = R^1 \cdot 5 + R \cdot 5^2$$

$$118,5 = R^1 \cdot 5,5 + R \cdot 5,5^2.$$

Таблица 22

Параметры ветвей	Данные замеров	
	1	2
$Q_{\text{под}}$	126,6	125,0
$Q_{\text{отв}}$	121,6	119,5
$H_{\text{AB}}$	57,0	55,5
$H_{\text{BD}}$	259,5	249,6
$H_{\text{B}}$	390,0	396,0
$S_{\text{AB}}$	11,2	11,2
$\alpha_{\text{AB}}$	0,002	0,002
$Z_{\text{AB}}$	200,0	200,0
$P$	13,0	13,0

определяются величины двух последовательно соединенных сопротивлений, моделирующих утечку воздуха через зону обрушения  $R = 1,7 \text{ к}\mu$ .

$$R' = 10,0 \text{ мм вод. ст. см}^{-1,5}.$$

Аэродинамическое сопротивление участка выработки, на котором наблюдаются утечки воздуха

$$R = \frac{\alpha Z P}{S^3} = \frac{0,002 \cdot 200 \cdot 13}{11,2^3} = 0,0037 \text{ к}\mu.$$

Точка присоединения ветви утечки воздуха  $C$  определяется из (III.25; III.26).

$$R_{AC} = \frac{57 - 0,0037 \cdot 121,6^2}{126,6^2 - 121,6^2} = 0,00185 \text{ к}\mu;$$

$$R_{\text{СВ}} \frac{57 - 0,0037 \cdot 126,6^2}{121,6^2 - 126,6^2} = 0,00185 \text{ к}\mu;$$

(в связи с тем, что в знаменателе находится разность квадратов, во избежание большой ошибки в вычислениях, округлять числа не следует).

Точка присоединения фиктивной ветви оказалась в центре отрезка АВ, так как в примере утечки воздуха приняты как равномерно распределенные по всей длине выработки. В общем случае эта точка может находиться в любом месте отрезка АВ.

После определения параметров фиктивной ветви утечек воздуха ( $R'$  и  $R$ ) и точки ее присоединения рассчитывается распределение воздуха по схеме вентиляционных соединений.

Для наглядности рассмотрим простую схему (рис. 25, в) с фиктивной утечкой при нескольких режимах работы вентилятора.

Собрав на электрической модели ЭВМС-6 схему вентиляционных соединений (рис. 26) и установив величины аэроди-

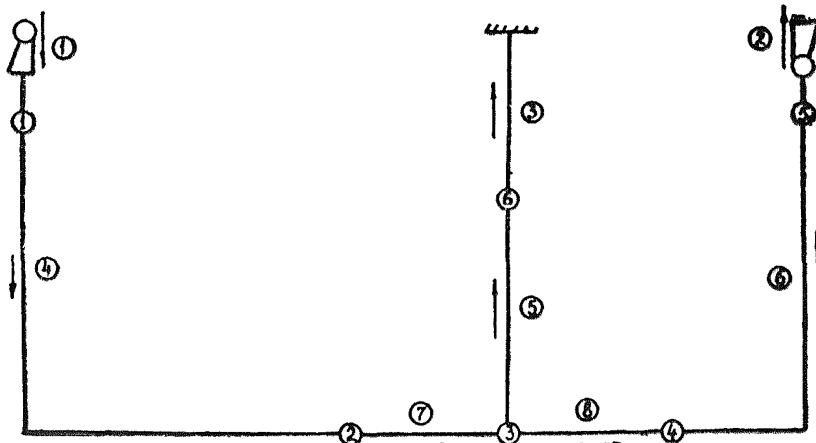


Рис. 26. Схема вентиляционных соединений с фиктивной ветвью утечки воздуха через зону обрушений.

намических сопротивлений всех ветвей (табл. 23), задаем напоры вентиляторов  $B_1 = 300,0$ , а  $B_2 = 225 \text{ мм вод.ст.}$  При этом депрессия ветви утечки воздуха  $H_y = H_3 + H_5 = 103 \text{ мм вод.ст.}$ , а  $Q_y = Q_3 = Q_5 = 5 \text{ м}^3/\text{с}$ , что соответствует приведенному выше расчету.

Изменяя напор вентилятора  $B_2$ , получаем несколько значений депрессий утечек, соответствующие им ожидаемые количества воздуха и определяем отклонения  $Q_y$  от тех действительных  $Q_y$  (III. 25), которые должны быть при этих депрессиях (табл. 24).

Таблица 23

Ветви	Аэродинамическое сопротивление ветви, $\kappa\mu$	Примечание
3	—	Сопротивление (3) с линейным
4	0,01	законом движения воздуха $R' =$
5	1,7	$= 10 \text{ мм вод. ст. } \text{с} / \text{м}^3$ при принятом в ЭМВС-6 масштабе моделирования соответствует сопротивлению 50 ком.
6	0,02	
7	0,002	
8	0,002	

Таблица 24

Депрессия ветви утечки, $\text{мм вод. ст.}$ $H_y = H_3 + H_5$	Количество воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$		Отклонение ожидаемого количества воздуха от действительного, % $\delta Q = \frac{Q_{yo} - Q_y}{Q_y} \cdot 100$
	ожидаемое	действительное	
40	2,6	2,61	-0,4
80	4,19	4,13	1,2
120	5,42	5,42	0,0
160	6,6	6,56	0,6
200	7,8	7,62	2,4

Из табл. 24 видно, что отклонения ожидаемых количеств воздуха от действительных в диапазоне от 40 до 200  $\text{мм вод. ст.}$  не превышают 3% и, следовательно, будет соответствовать ветви утечки воздуха с промежуточным законом движения воздуха ( $n = 1,5$ ).

Приложение 1

Обработка результатов воздушно-депрессионной съемки на ЭВМ  
Минск-22

0	0100	+00	03	0000	0000		7	+00	40	0000	0000
	1	+00	00	0001	0000	0	0150	-10	00	0145	1460
	2	+00	01	0000	0000		1	-10	00	0145	1463
	3	+00	00	0000	0017		2	-13	00	0000	0100
	4	+00	05	0000	0000		3	-10	00	0000	0077
	5	+00	02	0000	0000		4	-10	00	0127	0300
	6	+00	00	0000	0001		5	-10	00	0100	0010
	7	+00	00	0000	0002		6	-30	00	0157	0007
0	0110	+00	00	0000	0003		7	-10	47	4000	0040
	1	+00	00	0000	0004	0	0160	-31	00	0444	0017
	2	+00	00	0002	0000		1	-10	30	0041	4000
	3	+00	03	0000	0000		2	-10	47	7000	0040
	4	+67	53	4121	0000		3	-31	00	0440	0017
	5	+62	17	2602	0000		4	-10	30	0041	7000
	6	+40	00	0000	0001		5	-20	10	0166	0106
	7	+63	14	6314	0101		6	-20	07	0157	0101
0	0120	+62	17	2702	0002		7	-10	00	0104	0004
	1	+40	00	0000	0003	0	0170	+11	04	0000	1750
	2	+63	14	6314	0103		1	-30	00	0172	0040
	3	+74	00	0000	0006		2	-31	00	0444	0017
	4	+62	00	0000	0007		3	-10	04	0041	1750
	5	+00	61	0000	0000		4	-20	04	0170	0106
	6	+00	00	0062	0000		5	-75	00	0000	0002
	7	+26	04	3001	0050		6	-75	00	0000	0005
0	0130	+00	00	0000	0007		7	-10	00	0100	0007
	1	+00	00	0000	0020	0	0200	-75	00	0000	0051
	2	+00	00	0000	0167		1	-75	00	0000	0053
	3	+00	00	0000	0400		2	-10	02	3000	0000
	4	+00	00	0000	3567		3	+06	07	0407	2000
	5	+00	06	0000	0000		4	-60	07	2400	2000
	6	+14	76	0000	0000		5	+10	00	0101	0002
	7	+00	00	0000	2000		6	+10	00	0106	0003
0	0140	+00	00	0002	2000		7	+71	02	3000	0103
	1	+00	07	0000	0000	0	0210	-30	00	0211	0050
	2	+44	44	4444	4444		1	-10	02	3000	0000
	3	+44	00	0000	0000		2	+62	00	0221	0040
	4	+00	00	0000	0010		3	-31	00	0444	0017
	5	-47	00	0000	0000		4	-10	00	0113	0004
	6	-77	17	7777	0000		5	-30	00	0216	0010

0	0220	6	+05	04	0106	0050	2	+45	27	0050	4000	
		7	-34	00	0224	0220	3	-30	27	0314	0000	
		0	+35	10	1750	0041	4	-30	00	0315	0040	
		1	+17	10	1751	0104	5	-31	00	0552	0017	
		2	-30	03	0223	3000	6	+45	00	0041	0116	
		3	-30	00	0227	0040	7	-30	27	0320	5000	
		4	-20	10	0225	0112	0	0320	+35	27	0123	2000
		5	-20	04	0216	0101		1	-30	07	0322	5500
		6	-30	00	0227	0000		2	+15	27	0000	7000
		7	-31	00	0501	0017		3	-30	00	0324	0050
0	0230	0	-60	00	0400	0041		4	+35	27	0124	0000
		1	+10	00	0107	0005		5	+46	27	0050	6000
		2	+10	00	0112	0006		6	+61	00	0263	0053
		3	+71	06	5476	0103		7	+12	00	0101	0050
		4	-30	00	0235	0050	0	0330	+10	00	0050	0300
		5	-10	06	5476	0000		1	+10	00	0101	0002
		6	+62	00	0221	0040		2	+10	00	0106	0003
		7	-31	00	0444	0017		3	-20	07	0200	0106
0	0240	0	-10	05	0041	5476		4	-10	00	0125	0076
		1	-10	06	5477	0040		5	-30	00	1420	0000
		2	-31	00	0444	0017		6	-31	00	0600	0017
		3	-10	00	0105	0004		7	+00	00	0000	0416
		4	-30	00	0245	0010	0	0340	-10	00	0076	0002
		5	+05	04	0106	0050		1	-10	02	2000	1400
		6	-34	00	0252	0247		2	-10	42	2000	1401
		7	+35	04	0114	0041		3	-10	02	5500	1402
0	0250	0	+36	06	5476	0050		4	-10	42	4000	1403
		1	-30	00	0256	0000		5	-10	42	5000	1404
		2	-20	04	0245	0101		6	-10	42	0000	1405
		3	+35	06	5476	0120		7	-10	42	6000	1406
		4	+37	06	5476	0000	0	0350	-10	42	7000	1407
		5	+46	00	0121	0050		1	-10	02	4000	1410
		6	+26	05	0117	5476		2	-10	00	0135	0007
		7	-30	00	0470	0000		3	-10	07	0142	1470
0	0260	0	-31	00	0501	0017		4	-20	07	0353	0106
		1	-60	00	0400	0041		5	-10	00	0143	1467
		2	-10	02	3000	0000		6	-52	00	0000	1470
		3	+37	06	5476	0114		7	-31	00	0664	0017
		4	-30	03	0265	3000	0	0360	+00	00	0006	0000
		5	+16	00	0051	0051		1	+03	07	0106	1410
		6	+14	00	0116	0052		2	+03	13	0106	1400
		7	+10	00	0102	0053		3	+11	11	0144	1470
0	0270	0	-10	02	3001	0000		4	+00	00	0144	0106
		1	-32	00	0205	0272		5	+01	10	0106	1401
		2	+45	00	0052	0051		6	+01	07	0106	1402
		3	-30	27	0274	2000		7	+01	10	0106	1403
		4	+21	00	0102	0053	0	0370	+01	10	0106	1404
		5	-30	00	0276	0004		1	+01	14	0106	1405
		6	+15	27	0000	2000		2	+01	14	0106	1406
		7	-30	00	0300	0055		3	-01	06	0106	1407
0	0300	0	+26	04	3013	0050		4	+10	00	0102	0077
		1	-30	00	0410	0000		5	+21	00	0077	0100
		2	-32	00	0303	0305		6	-32	00	0377	0405
		3	-10	27	0000	2000		7	-20	02	0341	0101
		4	-30	27	0317	0000	0	0400	+10	00	0126	0076
		5	-20	04	0276	0101		1	-31	00	0600	0017
		6	+15	27	0000	2000		2	+00	00	0000	0440
		7	-30	00	0310	0050		3	-62	00	1400	0000
0	0310	0	+35	27	0050	2000		4	-30	00	0336	0000
		1	-30	00	0312	0050		5	-31	00	0600	0017

0	0410	6	+00	00	0000	0440	2	-75	00	0000	0041	
		7	-00	00	0000	0000	3	+61	00	0511	0045	
		0	+45	00	0055	0050	4	-34	00	0505	0523	
		1	+57	00	0122	0000	5	-32	00	0506	0511	
		2	-30	00	0302	0000	6	+10	00	0540	0042	
		3	-13	00	0000	0140	7	+45	00	0541	0045	
		4	+20	00	0140	1460	0	0510	-30	00	0503	0045
		5	-30	00	1456	0000		1	+53	00	0542	0036
		6	+27	13	0102	1030		2	-32	00	0513	0516
		7	+33	17	3727	1706		3	+34	00	0541	0045
0	0420	0	+30	37	1752	5644		4	+20	00	0540	0042
		1	+27	17	0630	3717		5	-33	00	0503	0537
		2	+42	72	6040	4156		6	+64	00	0045	0045
		3	+62	52	4027	1703		7	+53	00	0543	0000
		4	+05	30	3717	5201	0	0520	-32	00	0523	0521
		5	+27	17	0430	3717		1	+40	00	0543	0045
		6	+52	02	1717	1737		2	+20	00	0540	0042
		7	+17	55	2717	0530		3	-10	00	0544	0043
0	0430	0	+37	17	4027	1705		4	+30	00	0545	0045
		1	+30	37	1761	5657		5	+72	00	0043	0044
		2	+60	16	2717	0530		6	+76	00	0041	0041
		3	+37	17	6344	1661		7	+64	00	0540	0043
		4	+56	57	6016	1717	0	0530	+50	00	0044	0045
		5	+37	17	5317	1717		1	-34	00	0524	0532
		6	+37	33	2713	0102		2	+51	00	0546	0042
		7	+10	30	3332	0000		3	-32	00	0534	0535
0	0440	0	+27	13	0102	1030		4	-74	00	0547	0042
		1	+33	32	0000	0000		5	+60	00	0542	0042
		2	+00	00	0000	0000		6	-16	00	0042	0041
		3	+00	00	0000	0000		7	-30	00	0017	0000
		4	-10	00	0464	0045	0	0540	+01	00	0000	0104
		5	-75	00	0464	0041		1	+50	00	0000	0004
		6	-10	00	0040	0043		2	+03	00	0000	0136
		7	+66	00	0450	0044		3	+06	31	4631	4632
0	0450	0	+07	00	0465	0040		4	-74	00	0000	0000
		1	-34	00	0454	0452		5	+50	00	0000	0000
		2	-10	00	0042	0045		6	+12	00	0000	0000
		3	-30	00	0460	0000		7	+06	00	0000	0000
		4	+35	00	0466	0044	0	0550	+36	00	0562	0041
		5	+37	00	0042	0104		1	+27	00	0042	0136
		6	+16	00	0041	0041		2	+71	00	0575	0040
		7	+34	00	0467	0042		3	+06	00	0040	0043
0	0460	0	+64	00	0455	0043		4	+36	00	0574	0041
		1	-34	00	0447	0462		5	-34	00	0556	0571
		2	+45	00	0045	0041		6	+16	00	0574	0041
		3	-30	17	0000	0041		7	-10	00	0041	0042
		4	+40	00	0000	0001	0	0560	+45	00	0042	0043
		5	+70	00	0000	0000		1	+17	00	0042	0036
		6	+40	00	0000	0005		2	+36	00	0574	0041
		7	+50	00	0000	0004		3	+27	00	0042	0136
0	4470	0	+10	00	0101	0012		4	-34	00	0557	0565
		1	-10	52	0777	0040		5	+61	00	0561	0040
		2	-10	00	0040	0000		6	+67	00	0566	0101
		3	-34	00	0474	0476		7	+62	00	0563	0042
		4	-31	00	0444	0017	0	0570	-72	00	0042	0041
		5	+24	05	0041	5476		1	-14	00	0040	0041
		6	-10	06	5476	0040		2	-32	00	0017	0573
		7	-30	00	0260	0000		3	-00	00	0000	0040
0	0500	0	+06	00	0000	0000		4	+40	00	0000	0000
		1	-10	00	0040	0045		5	-00	00	0000	0076

0	0600	6	-30	00	1272	0000	2	+20	00	1016	0017	
		7	+71	00	0043	0040	3	-30	00	0674	0054	
		0	-62	00	2400	0000	4	-10	00	0000	0053	
		1	-10	00	0000	0016	5	-10	00	0015	0057	
		2	-10	17	0000	0014	6	-10	00	0054	0055	
		3	-10	00	0651	0015	7	-10	00	0054	0017	
		4	-10	00	0000	0043	0	0700	+05	00	0061	0000
		5	-31	00	0636	0647		1	-32	00	0703	0702
		6	+05	00	0041	0652		2	-62	00	4001	1020
		7	-34	00	0613	0610		3	-10	00	1026	0016
0	0610	0	-62	00	7400	0000		4	-10	00	0000	0056
		1	-10	00	0000	0016		5	-10	17	0000	0000
		2	-30	00	0605	0000		6	-32	00	0707	0711
		3	+05	00	0041	0660		7	+71	17	0001	1021
		4	-34	00	0615	0620	0	0710	-34	00	0711	0743
		5	-62	16	4000	0041		1	+71	17	0000	1015
		6	+10	00	0653	0016		2	-30	00	0713	0015
		7	-30	00	0605	0000		3	+21	15	0000	0053
0	0620	0	-31	00	0636	0647		4	-32	00	0734	0715
		1	-10	00	0041	0040		5	-10	00	1017	0056
		2	-10	00	0000	0042		6	+71	17	0000	1022
		3	-31	00	0636	0647		7	+23	00	1023	0000
		4	+64	00	0640	0041	0	0720	+13	00	0053	0000
		5	-70	00	0042	0662		1	+12	00	0052	0723
		6	+12	00	0041	0042		2	-31	00	1500	0017
		7	-31	00	0636	0647		3	+01	04	0006	1407
0	0630	0	+05	00	0041	0661		4	+10	00	1016	0016
		1	-34	00	0624	0632		5	+05	00	0061	0000
		2	-62	16	4000	0040		6	-32	00	0730	0727
		3	+10	00	0653	0016		7	-62	16	4000	1020
		4	+20	00	0657	0042	0	0730	+10	00	1016	0016
		5	-34	00	0632	0605		1	-10	00	0055	0017
		6	+65	14	0043	0000		2	-10	17	0000	0000
		7	+72	00	0654	0041		3	-32	00	0741	1005
0	0640	0	+07	00	0656	0136		4	+71	17	0000	1024
		1	-34	00	0642	0650		5	+23	00	1023	0014
		2	+10	00	0655	0043		6	+67	00	0736	0114
		3	-20	15	0647	0000		7	+12	00	0016	0016
		4	-10	00	0651	0015	0	0740	-30	00	0724	0000
		5	+10	00	0657	0014		1	+20	00	1016	0017
		6	-10	00	0000	0043		2	-30	00	0705	0055
		7	-30	00	0606	0000		3	+71	17	0001	1025
0	0650	0	-30	17	0001	0000		4	+66	00	0735	0015
		1	+00	05	0000	0000		5	+10	00	1016	0016
		2	+33	00	0000	0000		6	+21	15	0000	0053
		3	+00	00	0001	0000		7	-32	00	1000	0750
		4	+77	00	0000	0000	0	0750	-10	00	1017	0056
		5	+00	00	0000	0006		1	-10	00	0000	0051
		6	+32	00	0000	0000		2	+71	17	0001	1015
		7	+00	00	0000	0001		3	-30	00	0754	0015
0	0660	0	+27	00	0000	0000		4	-70	15	0000	0053
		1	+30	00	0000	0000		5	-30	00	0756	0050
		2	+00	00	0000	0012		6	+71	17	0000	1025
		3	+00	47	0000	0000		7	+13	00	0050	0000
		4	-62	00	2400	0000	0	0760	+66	00	0735	0050
		5	+71	17	0000	1015		1	+71	17	0000	1015
		6	+22	00	1027	0052		2	-30	00	0763	0015
		7	-30	00	0670	0061		3	-10	15	0000	0060
0	0670	0	-32	00	0672	0671		4	+65	00	0735	0051
		1	+10	00	1027	0052		5	+12	00	0050	0015

		6	-11	15	0000	0772		2	-30	00	1037	0000
		7	-14	00	0771	0772		3	-10	00	0042	0043
0	0770	-10	00	1026	0015		4	-10	00	0000	0044	
		1	-31	15	1033	0017		5	-31	00	1103	1136
		2	-44	00	0000	0000		6	-70	00	0044	1143
		3	+10	00	1017	0051		7	-30	00	1070	0044
		4	+23	00	0060	0000	0	1070	+65	00	1043	0042
		5	-32	00	0776	0764		1	+12	00	0044	0044
		6	+20	00	1016	0055		2	-31	00	1103	1136
		7	-30	00	0724	0000		3	+05	00	0042	1144
0	1000	+71	17	0000	1015		4	-34	00	1066	1075	
		1	-30	00	1002	0015		5	-62	16	4000	0043
		2	-70	15	0000	1030		6	+10	00	1142	0016
		3	+12	00	0016	0016		7	+05	00	0044	1145
		4	-30	00	0776	0000	0	1100	-34	00	1101	1037
		5	-10	00	0056	0000		1	+20	00	1145	0044
		6	-34	00	1007	1013		2	-30	00	1075	0000
		7	-10	00	1015	0015		3	+71	00	0041	1152
0	1010	-62	15	0000	0000		4	-30	00	1105	0047	
		1	+10	00	1017	0053		5	+71	00	0041	1146
		2	-30	00	0676	0000		6	-30	00	1107	0042
		3	-10	00	0057	0015		7	+64	00	1147	0041
		4	-30	17	0001	0000	0	1110	-10	00	0042	0000
		5	+00	00	7777	0000		1	-34	00	1124	1112
		6	+00	00	0001	0000		2	-10	00	0041	0000
		7	+00	00	0000	0001		3	-34	00	1103	1114
0	1020	+37	00	0000	0000		4	-32	00	1115	1122	
		1	+77	77	0000	0000		5	+71	00	0017	1153
		2	+77	77	0000	7777		6	+06	00	1154	1117
		3	+00	02	0000	0000		7	-10	00	0772	0041
		4	+00	77	0000	0000	0	1120	+20	00	1142	0017
		5	+00	00	0000	7777		1	-30	00	1103	0000
		6	+00	00	0002	0000		2	-10	00	0040	0015
		7	+00	00	0012	0000		3	-30	00	0017	0000
0	1030	+00	00	0006	0000		4	+05	00	1150	0042	
		1	-33	00	1032	1034		5	-34	00	1126	1103
		2	-00	00	0002	0000		6	+05	00	0042	1151
		3	-62	00	2400	0000		7	-34	00	1130	1103
		4	-10	00	0000	0016	0	1130	-10	00	0016	0045
		5	-10	00	0015	0040		1	-10	00	0017	0046
		6	-10	00	0000	0041		2	-31	00	1160	0017
		7	-31	00	1103	1136		3	+00	00	0047	0042
0	1040	+05	00	0042	1137		4	-10	00	0045	0016	
		1	-34	00	1046	1042		5	-10	00	0046	0017
		2	-10	00	1140	0015		6	-30	00	1040	0000
		3	-62	15	0000	0136		7	+33	00	0000	0000
		4	-10	00	0000	0016	0	1140	+00	00	7400	0000
		5	-30	00	1037	0000		1	+22	00	0000	0000
		6	+05	00	0042	1141		2	+00	00	0001	0000
		7	-34	00	1050	1053		3	+00	00	0000	0012
0	1050	-62	16	4000	0042		4	+23	00	0000	0000	
		1	+10	00	1142	0016		5	+00	00	0000	0001
		2	-30	00	1037	0000		6	+37	00	0000	0000
		3	-31	00	1103	1136		7	+00	00	0000	0006
		4	+05	00	0042	1137	0	1150	+10	00	0000	0000
		5	-34	00	1063	1056		1	+02	00	0000	0000
		6	-10	00	1155	0015		2	+77	00	0000	0000
		7	-62	15	0000	0000		3	+00	40	7777	0000
0	1060	+64	00	1147	0041		4	-10	00	0000	0041	
		1	-31	00	1103	1136		5	+00	00	6400	0000

0	1160	6	+00	00	0000	0000	2	-70	00	1270	0044		
		7	+00	00	0000	0000	3	-34	00	1254	1262		
		1	-10	00	0016	0065	4	-30	00	1255	0044		
		2	+71	00	0017	1242	5	+51	00	1271	0044		
		3	+06	00	1243	1163	6	-32	00	1257	1251		
		4	-10	00	1133	0062	7	-30	00	1260	0044		
		5	+71	00	0062	1242	0	1260	-74	00	0043	0040	
		6	+06	00	1237	1166		1	-30	00	1255	0000	
		7	-10	00	0047	0064		2	-10	00	1273	0042	
0	1170	1	+73	00	1204	0124		3	+64	00	1264	0042	
		2	+66	00	1167	0016		4	+73	00	0040	0004	
		3	-10	16	1210	0063		5	-34	00	1263	1266	
		4	+71	00	1205	0064		6	+74	00	0042	0040	
		5	+66	00	1206	0016		7	-30	00	0017	0041	
		6	+71	16	1230	0063	0	1270	+00	00	0000	0012	
		7	+66	16	1233	0063		1	+00	73	4654	5000	
		0	1200	+71	00	0062		2	+77	04	3123	3000	
		1	-10	00	1207			3	+77	77	7777	7777	
		2	+06	00	1240	1200		4	-10	00	1311	0042	
		3	-30	00	0017	0000		5	-10	00	1312	0043	
		4	+74	00	0000	0000		6	+64	00	1277	0042	
		5	+03	00	0000	0000	0	1300	-34	00	1301	1303	
		6	+00	00	0000	0122		1	+64	00	1277	0043	
		7	+00	20	0000	7777		2	-30	00	1276	0000	
0	1210	1	+17	05	1711	0000		3	+71	00	0043	0040	
		2	+17	71	1516	0000		4	+07	00	0043	0000	
		3	+17	23	0470	0000		5	-34	00	1307	1306	
		4	+10	00	3725	000		6	+64	00	1277	0042	
		5	+03	12	3117	0000		7	+74	00	0042	0040	
		6	+33	06	7414	0000	0	1310	-30	00	0017	0041	
		7	+13	02	7517	0000		1	+77	77	7777	7777	
		0	1220	+07	01	2217	0000		2	+00	00	0000	0016
		1	+17	62	1756	0000		3	+00	12	0000	0000	
		2	+17	65	5554	0000		4	-10	00	0040	0045	
		3	+17	53	6043	0000		5	-75	00	0000	0041	
		4	+50	57	6646	0000		6	+61	00	1324	0045	
		5	+45	47	4441	0000	0	1320	-34	00	1320	1336	
		6	+61	72	6473	0000		1	+10	00	1354	0042	
		7	+40	42	5117	0000		2	+45	00	1355	0045	
0	1230	1	+63	76	5217	0000		3	-30	00	1316	0045	
		2	+77	00	0000	0000		4	+53	00	1356	0036	
		3	+00	77	0000	0000		5	-32	00	1326	1331	
		4	+00	00	0077	0000		6	+34	00	1355	0045	
		5	+00	00	0000	0014	0	1330	-20	00	1354	0042	
		6	+00	00	0000	0022		7	-33	00	1316	1353	
		7	-10	00	0000	0064		1	+64	00	0045	0045	
0	1240	1	-10	00	0063	0000		2	+53	00	1357	0000	
		2	+00	00	0001	0000		3	-32	00	1336	1334	
		3	+00	40	7777	0000		4	+40	00	1357	0045	
		4	-10	00	0000	0062		5	+20	00	1354	0042	
		5	+00	00	0000	0000	0	1340	-10	00	1360	0043	
		6	+00	00	0040	0044		6	-74	00	1364	0045	
		7	-12	00	1272	0104		7	-34	00	1361	0045	
		0	1250	+11	00	0000		1	+72	00	0043	0044	
		1	+70	00	0043	0040		2	+76	00	0041	0041	
		2	+50	00	1246	0043		3	+64	00	1354	0043	
		3	-11	00	0000	0043		4	+50	00	0044	0045	
		4	+50	00	1246	0043		5	-34	00	1340	1346	

0	1350	6	+51	00	1362	0042	2	+73	00	0134	3777	
		7	-32	00	1350	1351	3	+07	00	0134	0000	
		0	-74	00	1363	0042	4	-34	00	1445	1453	
		1	+60	00	1356	0042	5	+04	00	0132	3777	
		2	-16	00	0042	0041	6	+12	00	0133	3777	
		3	-30	00	0017	0000	7	-20	07	1451	0106	
		4	+01	00	0000	0104	2	+73	00	0134	3777	
		5	+50	00	0000	0004	0	1450	-30	00	0336	0000
		6	+03	00	0000	0136	1	-20	04	1423	0000	
		7	+06	31	4631	4632	2	-10	07	3777	4000	
0	1360	0	-74	00	0000	0000	3	+04	00	0134	3777	
		1	+50	00	0000	0000	4	+12	07	0101	3777	
		2	+12	00	0000	0000	5	-20	07	1422	0106	
		3	+06	00	0000	0000	6	+10	00	0137	0140	
		4	+00	00	0000	6554	7	+20	00	0140	1463	
		5	+00	35	0000	0000	0	1460	-47	00	0002	0003
		6	+21	64	1426	1214	1	-43	00	2000	2000	
		7	+00	00	0000	0000	2	-30	00	1460	0000	
0	1370	0	+00	00	0000	0000	3	-47	00	0002	4003	
		1	+00	00	0000	0000	4	-43	20	6000	0000	
		2	+00	00	0000	0000	5	-30	00	1463	0000	
		3	+00	00	0000	0000	6	-00	00	0000	0000	
		4	+00	00	0000	0000	7	+44	00	0000	0000	
		5	+00	00	0000	0000	0	1470	+44	44	4444	4444
		6	+00	00	0000	0000	1	+44	44	4444	4444	
		7	+00	00	0000	0000	2	+44	44	4444	4444	
0	1400	0	+00	00	0000	2343	3	+44	44	4444	4444	
		1	+41	25	5000	4407	4	+44	44	4444	4444	
		2	+76	40	4301	0414	5	+44	44	4444	4444	
		3	+62	00	0000	0004	6	+44	44	4444	4444	
		4	+45	55	7275	4405	7	+00	00	0000	0000	
		5	+56	04	2403	5110	0	1500	-10	00	0017	0046
		6	+56	04	2403	5107	1	+73	00	1744	0000	
		7	+62	00	0000	0006	2	+06	00	1711	1503	
0	1410	0	+00	00	0000	0002	3	-10	00	0723	0040	
		1	+00	00	0000	0000	4	+73	00	1716	0000	
		2	+00	00	0000	0000	5	+22	00	1743	0051	
		3	+00	00	0000	0000	6	-34	00	1507	1515	
		4	+00	00	0000	0000	7	+21	00	1743	0051	
		5	+00	00	0000	0000	0	1510	-34	00	1513	1511
		6	+00	00	0000	0000	1	-10	00	1712	1527	
		7	+00	00	0000	0000	2	-30	00	1520	0000	
0	1420	0	-75	00	0000	3777	3	-10	00	1522	1527	
		1	-10	00	0136	0007	4	-30	00	1520	0000	
		2	-10	00	0141	0004	5	-10	00	1713	1527	
		3	-10	00	0141	0005	6	+71	00	0040	1720	
		4	-10	00	0135	0006	7	+66	00	1542	0047	
		5	-10	07	3777	4000	0	1520	+71	00	0040	1717
		6	+10	00	0106	3777	1	-30	00	1523	0050	
		7	-20	07	1430	0106	2	-31	00	1274	0017	
0	1430	0	-20	06	1425	0000	3	+71	00	0040	1721	
		1	-10	07	3777	4000	4	+67	00	1542	0036	
		2	+73	00	0132	3777	5	+76	00	1711	1526	
		3	+07	00	0132	0000	6	-10	00	1407	0040	
		4	-34	00	1435	1445	7	-31	00	1314	0017	
		5	+04	00	0130	3777	0	1530	-10	00	0041	0042
		6	+12	00	0131	3777	1	-32	00	1535	1532	
		7	-20	07	1440	0106	2	-10	00	0050	0000	
0	1440	0	-20	05	1424	0000	3	-34	00	1534	1535	
		1	-10	07	3777	4000	4	+22	00	1730	0050	

5	-10	00	0051	0000	0	1630	+10	00	1722	0016
6	-34	00	1667	1537		1	+21	00	0043	0000
7	+70	00	1714	0042		2	-32	00	1644	1633
0 1540	+71	00	1715	0041		3	-10	00	0000	1641
1	+62	00	1560	0043		4	+71	00	1707	0042
2	+23	00	1724	0014		5	+66	00	1741	0017
3	-32	00	1544	1546		6	-62	16	4000	0017
4	+71	00	1725	0043		7	+10	00	1722	0016
5	+12	00	1726	0043	0	1640	+60	00	1565	0042
6	+61	00	1524	0041		1	-30	00	1665	0000
7	-30	00	1550	0044		2	+20	00	1730	0043
0 1550	-14	00	0044	0043		3	-34	00	1634	1646
1	+11	00	0047	0043		4	-62	16	4000	0000
2	+32	00	1727	0045		5	+10	00	1722	0016
3	+23	00	1706	0000		6	-10	00	0047	0000
4	-32	00	1571	1555		7	-34	00	1650	1604
5	+74	00	1567	0045	0	1650	-62	16	4000	1740
6	+61	00	0045	1731		1	+10	00	1722	0016
7	+12	00	0042	0044		2	-10	00	0045	0047
0 1560	+13	00	1732	0030		3	-34	00	1654	1604
1	-33	00	1565	1562		4	-10	00	1705	1641
2	-10	00	1723	0042		5	-10	00	0043	0000
3	+10	00	1730	0043		6	-34	00	1657	1634
4	-30	00	1571	0000		7	-62	16	4000	0000
5	+07	00	0042	0004	0	1660	+10	00	1722	0016
6	+73	00	1733	0140		1	+20	00	1730	0047
7	+33	00	1734	0100		2	-34	00	1663	1604
0 1570	+12	00	0044	0042		3	+10	00	1730	0043
1	-10	00	0050	0000		4	-34	00	1657	1634
2	-34	00	1573	1622		5	+20	00	1730	0047
3	+21	00	0043	0050		6	-34	00	1634	1604
4	-32	00	1606	1575		7	-10	00	0000	0047
5	-10	00	0041	0000	0	1670	-10	00	1735	0043
6	-32	00	1600	1577		1	+71	00	1707	0042
7	+10	00	1722	0016		2	+07	00	1707	0000
0 1600	+20	00	1730	0050		3	-34	00	1700	1674
1	-34	00	1577	1602		4	+60	00	1565	0042
2	-62	16	4000	1736		5	+20	00	1730	0043
3	+10	00	1722	0016		6	-34	00	1671	1677
4	+20	00	1722	0046		7	-10	00	1730	0043
5	-30	00	0017	0017	0	1700	-10	00	0050	0000
6	+21	00	0047	0000		1	-34	00	1702	1625
7	-32	00	1611	1610		2	+22	00	0043	0044
0 1610	+23	00	1730	0000		3	-34	00	1704	1625
1	+12	00	0050	0044		4	-32	00	1616	1575
2	+21	00	0043	1730		5	-30	00	1665	0000
3	-32	00	1617	1614		6	+00	00	0000	0044
4	+20	00	0043	0044		7	+74	00	0000	0000
5	-30	00	1620	0000	0	1710	+06	00	0000	0000
6	+10	00	1722	0016		1	-10	00	0000	0040
7	+20	00	1730	0044		2	-31	00	1245	0017
0 1620	-34	00	1621	1622		3	-31	00	1314	0017
1	-32	00	1616	1622		4	+77	77	7777	7400
2	+12	00	0047	0045		5	+00	00	0000	0037
3	-32	00	1625	1624		6	+77	00	0000	0000
4	-10	00	0000	0047		7	+00	77	0000	0000
5	-10	00	0041	0000	0	1720	+00	00	7777	0000
6	-32	00	1631	1627		1	+00	00	0000	7777
7	-62	16	4000	1737		2	+00	00	0001	0000

3	+04	00	0000	0000	5	+11	10	2142	2777		
4	+00	20	0000	0000	6	-34	00	2017	2024		
5	+00	17	0000	0000	7	-60	10	2400	2777		
6	+00	12	0000	0000	0	2020	+10	00	2141	0010	
7	+00	00	0004	0000		1	+10	00	2141	2146	
0	1730	+00	01	0000	0000	2	+10	00	2143	2145	
	1	+24	00	0000	0000	3	-30	00	2005	0000	
	2	+31	46	3146	3146	4	-10	00	2140	0001	
	3	+04	21	0421	0421	5	-60	01	2400	2205	
	4	+30	00	0000	0000	6	-20	01	2025	2140	
	5	+00	11	0000	0000	7	-10	00	2147	0040	
	6	+31	00	0000	0000	0	2030	-10	00	2145	0001
	7	+13	00	0000	0000		1	-60	00	1400	0040
0	1740	+15	00	0000	0000	2	-10	00	2150	0002	
	1	+00	00	0000	0102	3	-60	01	2400	5476	
	2	+00	00	0400	0000	4	-60	01	2400	5477	
	3	+01	00	0000	0000	5	-20	01	2037	2145	
	4	+00	40	7777	0000	6	-30	00	2042	0000	
	5	+02	05	0000	0000	7	-20	02	2033	0000	
	6	+45	04	3662	7065	0	2040	+10	00	2151	0040
	7	+02	33	1172	6666		1	-30	00	2031	0000
0	1750	+00	00	0000	0000	2	-10	00	2140	0001	
	1	+00	00	0000	0000	3	-60	01	2400	2213	
	2	+00	00	0000	0000	4	-20	01	2043	2140	
	3	+00	00	0000	0000	5	-10	00	0000	0001	
	4	+00	00	0000	0000	6	-10	00	2144	0003	
	5	+00	00	0000	0000	7	-60	00	1400	0000	
	6	+00	00	0000	0000	0	2050	-10	00	2150	0002
	7	+00	00	0000	0000		1	-60	23	2400	4000
0	1760	-10	00	1770	0001	2	-20	03	2054	2140	
	1	-10	01	0000	1777	3	-30	00	2057	0000	
	2	-20	01	1761	1770	4	-20	02	2051	0000	
	3	-10	00	0000	0152	5	+10	00	2153	0001	
	4	-10	00	0000	0356	6	-30	00	2047	0000	
	5	-10	00	0000	0041	7	-20	04	2061	0000	
	6	-30	00	1767	0040	0	2060	-31	00	2070	0000
	7	-30	00	0150	0000		1	-10	00	2140	0001
0	1770	-03	00	0000	0001	2	-60	01	2400	2220	
	1	-00	00	0000	0000	3	-20	01	2062	2140	
	2	-10	00	0000	0077	4	-10	00	0000	0001	
	3	-30	00	0334	0000	5	-10	00	2144	0003	
	4	+00	00	0000	0000	6	+10	00	2156	0003	
	5	+00	00	0000	0000	7	-30	00	2047	0000	
	6	+00	00	0000	0000	0	2070	-30	00	2105	0000
	7	+00	00	0000	0000		1	-0	00	0000	0000
0	2000	-10	00	2140	0001	2	-10	00	2146	0001	
	1	-60	01	2400	2177	3	-10	01	2071	0000	
	2	-20	01	2001	2140	4	-10	00	2144	0100	
	3	-10	00	2141	0010	5	+20	00	2143	0100	
	4	-30	00	2077	0000	6	-30	00	1760	0000	
	5	+05	10	2142	2777	7	-10	00	2156	2146	
	6	-32	00	2015	2007	0	2100	-10	00	2157	2145
	7	-60	00	1400	2146		1	-10	00	0000	2144
0	2010	-60	10	2400	2777	2	-10	00	2143	0004	
	1	+10	00	2141	0010	3	+00	00	0000	0000	
	2	+10	00	2141	2146	4	-30	00	2005	0000	
	3	+10	00	2143	2144	5	-60	00	3400	0000	
	4	-30	00	2005	0000	6	-60	00	1400	2160	

0	2110	7	-10	00	2161	0001	3	+73	56	4350	7356	
		1	-60	01	2400	1747	4	+73	56	4356	4356	
		2	-20	01	2110	2161	5	+00	00	0000	0000	
		3	-60	00	3400	0000	6	+73	56	4216	7356	
		4	-10	00	2162	0001	7	+73	50	7350	7356	
		5	-10	00	2163	2164	0	2210	+73	56	4356	7356
		6	-10	00	0101	0002	1	+72	16	7216	7356	
		7	-34	00	0777	0000	2	+73	50	4356	7356	
0	2120	0	-60	00	1400	2164	3	+00	00	0000	0000	
		1	-60	21	2400	0777	4	+73	56	4350	7356	
		2	+10	00	2141	2164	5	+73	56	4350	7356	
		2	+10	00	0101	0002	6	+73	56	4210	7356	
		4	-20	01	2116	2162	7	+73	56	4350	7356	
		5	-30	00	2071	0000	0	2220	+73	56	4356	7356
		6	+10	00	0101	0002	1	+73	56	4356	7356	
		7	+10	00	2141	2164	2	+73	56	4356	7356	
0	2130	0	-20	01	2116	2162	3	+73	56	4356	4356	
		1	-30	00	2071	0000	4	+73	56	4210	4356	
		2	+00	00	0000	0000	5	+73	56	4210	4356	
		3	+00	00	0000	0000	6	+00	00	0000	0000	
		4	+00	00	0000	0000	7	+00	00	0000	0000	
		5	+00	00	0000	0000	0	2230	+26	05	0445	3035
		6	+00	00	0000	0000	1	+00	00	0000	0000	
		7	+00	00	0000	0000	2	+00	00	0000	0000	
0	2140	0	+00	04	0000	0001	3	+00	00	0000	0000	
		1	+00	00	0000	0001	4	+00	00	0000	0000	
		2	+00	00	0000	0000	5	+00	00	0000	0000	
		3	+00	01	0000	0000	6	+00	00	0000	0000	
		4	+00	00	0000	0000	7	+00	00	0000	0000	
		5	+00	00	0000	0002	0	2240	+00	00	0000	0000
		6	+00	00	0000	3000	1	+00	00	0000	0000	
		7	+00	00	0000	5500	2	+00	00	0000	0000	
0	2150	0	+00	07	0000	0000	3	+00	00	0000	0000	
		1	+00	00	0000	0020	4	+00	00	0000	0000	
		2	+00	00	0001	4000	5	+00	00	0000	0000	
		3	+00	00	0000	0010	6	+00	00	0000	0000	
		4	+00	01	0000	0000	7	+00	00	0000	0000	
		5	+00	00	0001	7000	0	2250	+00	00	0000	0000
		6	+00	00	0000	3000	1	+00	00	0000	0000	
		7	+00	00	0000	0002	2	+00	00	0000	0000	
0	2160	0	+00	00	0000	1750	3	+00	00	0000	0000	
		1	+00	07	0000	0001	4	+00	00	0000	0000	
		2	+07	77	0000	0001	5	+00	00	0000	0000	
		3	+00	00	0001	1000	6	+00	00	0000	0000	
		4	+00	00	0000	0000	7	+00	00	0000	0000	
		5	+00	00	0000	0000	0	2260	+00	00	0000	0000
		6	+00	00	0000	0000	1	+00	00	0000	0000	
		7	+00	00	0000	0000	2	+00	00	0000	0000	
0	2170	0	+00	00	0000	0000	3	+00	00	0000	0000	
		1	+00	00	0000	0000	4	+00	00	0000	0000	
		2	+00	00	0000	0000	5	+00	00	0000	0000	
		3	+00	00	0000	0000	6	+00	00	0000	0000	
		4	+00	00	0000	0000	7	+00	00	0000	0000	
		5	+00	00	0000	0000	0	2270	+00	00	0000	0000
		6	+00	00	0000	0000	1	+00	00	0000	0000	
		7	+00	00	0000	0000	2	+00	00	0000	0000	
0	2200	0	+73	56	4356	4356	3	+00	00	0000	0000	
		1	+73	56	4350	7356	4	+00	00	0000	0000	
		2	+73	56	4216	7356	5	+00	00	0000	0000	
							6	+00	00	0000	0000	
							7	+00	00	0000	0000	

## Приложение 2

### Обработка результатов воздушно-депрессионной съемки на ЭВМ НАЙРИ-2 (1 часть)

1200	n0к1015	1239	n393н1007
1201	n0к1016	1240	в21007н1006
1202	n0к1018	1241	u1256н=
1203	n390н490	1242	n397н1006
1204	n0к1	1243	n394н1007
1205	n391н1000	1244	в21007н1006
1206	n392н1001	1245	u1258н=
1207	в21001н1000	1246	n397н1006
1208	u1225н=	1247	n395н1007
1209	n391н1000	1248	в21007н1006
1210	n393н1001	1249	u1260н=
1211	в21001н1000	1250	n397н1006
1212	u1227н=	1251	n396н1007
1213	n391н1000	1252	в21007н1006
1214	n394н1001	1253	u1262н=
1215	в21001н1000	1254	u1585н1599
1216	u1229н=	1255	e7к
1217	n391н1000	1256	u116000к1614
1218	n395н1001	1257	e5к
1219	в21001н1000	1258	u11615к1629
1220	u1231н=	1259	e3к
1221	n391н1000	1260	u11630к1644
1222	n396н1001	1261	e1к
1223	в21001н1000	1262	u11645к1659
1224	u1233н=	1263	n398н1011
1225	u1500к1516	1264	n1009н1012
1226	e7к	1265	вn1011н1012
1227	u1517к1533	1266	сn1005н1012
1228	e5к	1267	n1015н1
1229	u1534к1550	1268	n800н1013+
1230	e3к	1269	n399н1014
1231	u1551к1567	1270	вn1014н1013
1232	e1к	1271	уn360н1013
1233	u1568к1584	1272	вn1012н1013
1234	n397н1006	1273	n475н1014
1235	n392н1007	1274	вn1013н1014
1236	в21007н1006	1275	c2048к1015
1237	u1254н=	1276	c2048к1016
1238	n397н1006	1277	c2048к1018

1278	nn1005н3	1551	н1016н1
1279	nn1009н3	1552	н500н1002+
1280	нн1014н3	1553	н600н1003+
1281	о2274н	1554	н0к1017
1282	с2048к1	1555	н1017н1
1283	в1к490	1556	н339н1000+
1284	у1205н>	1557	н439н1001+
1285	к0н	1558	н375н1004+
1500	н1016н1	1559	вн1002н1004
1501	н500н1002+	1560	н10к1005
1502	н600н1003+	1561	ун1000н1005
1503	н0к1017	1562	сн1001н1005
1504	н1017н1	1563	сн1003н1005
1505	у300н1000+	1564	с2048к1017
1506	н400н1001+	1565	овбк1004
1507	н375н1004+	1566	у1555н>
1508	вн1002н1004	1567	х0н
1509	н10к1005	1568	н1016н1
1510	ун1000н1005	1569	н500н1002+
1511	сн1001н1005	1570	н600н1003+
1512	сн1003н1005	1571	н0к1017
1513	с2048к1017	1572	н1017н1
1514	овбк1004	1573	н352н1000+
1515	у1504н>	1574	н452н1001+
1516	х0н	1575	н375н1004+
1517	н1016н1	1576	вн1002н1004
1518	н500н1002+	1577	н10к1005
1519	н600н1003+	1578	ун1000н1005
1520	н0к1017	1579	сн1001н1005
1521	н1017н1	1580	сн1003н1005
1522	н313н1000+	1581	с2048к1017
1523	н413н1001+	1582	овбк1004
1524	н375н1004+	1583	у1572н>
1525	вн1002н1004	1584	х0н
1526	н10к1005	1585	н1018н1
1527	ун1000н1005	1586	н700н1008+
1528	сн1001н1005	1587	н0к1019
1529	х0н	1588	н1019н1
1530	с2048к1017	1589	н300н1006+
1531	овбк1004	1590	н400н1007+
1532	у1521н>	1591	н375н1009+
1533	х0н	1592	в1008н1009
1534	н1016н1	1593	н10к1010
1535	н500н1002+	1594	ун1006н1009
1536	н600н1003+	1595	сн1007н1009
1537	н0к1017	1596	с2048к1019
1538	н1017н1	1597	овбк1010
1539	н326н1000+	1598	у1588н>
1540	н426н1001+	1599	х0н
1541	н375н1004+	1600	н1018н1
1542	вн1002н1004	1601	н700н1008+
1543	н10к1005	1602	н0к1019
1544	ун1000н1005	1603	н1019н1
1545	сн1001н1005	1604	н313н1006+
1546	сн1003н1005	1605	н413н1007+
1547	с2048к1017	1606	н375н1009+
1548	свбк1004	1607	вн1008н1009
1549	у1538н>	1608	н10к1010
1550	у1230н	1609	ун1006н1009

1610	cn1007н1009	1635	n439н1007+
1611	c2048к1019	1636	n375н1009+
1612	ов5к1010	1637	вп1008н1009
1613	u1603н>	1638	n10к1010
1614	u1257н	1639	уп1006н1009
1615	n1018н1	1640	cn1007н1009
1616	n700н1008+	1641	c2048к1019
1617	n0к1019	1642	ов5к1010
1618	n1019н1	1643	u1633н>
1619	n326н1006+	1644	u1261н
1620	n426н1007+	1645	n1018н1
1621	n375н1009+	1646	n700н1008+
1622	вп1008н1009	1647	n0к1019
1623	n10к1010	1648	n1019н1
1624	уп1006н1009	1649	n352н1006+
1625	cn1007н1009	1650	n452н1007+
1626	c2048к1019	1651	n375н1009+
1627	ов5к1010	1652	вп1008н1009
1628	u1618н>	1653	n0к1010
1629	x0н	1654	уп1006н1009
1630	n1018н1	1655	cn1007н1009
1631	n700н1008+	1656	c2048к1019
1632	n0к1019	1657	ов5к1010
1633	n1019н1	1658	u1648н>
1634	n339н1006+	1659	x0н

**Обработка результатов воздушно-депрессионной съемки на ЭВМ НАИРИ-2 (II часть)**

1700	n0к2036	1730	вп11н12
1701	n0к2027	1731	u1835н=
1702	n0к2028	1732	n87н11
1703	n0к2033	1733	n57н2037
1704	n0к2034	1734	n72н2038
1705	n39н10	1735	n42н18
1706	n2036н1	1736	n2028н1
1707	в8100н300+	1737	n900н12+
1708	n10к2035	1738	вп11н12
1709	u1711н>	1739	u1835н=
1710	оп2035н2035	1740	n88н11
1711	n2027н1	1741	n58н2037
1712	в8700н500+	1742	n73н2038
1713	n10к27	1743	n43н18
1714	n33н13	1744	n2028н1
1715	gn27н13	1745	n900н12+
1716	n85н11	1746	вп11н12
1717	n55н2037	1747	u1835н=
1718	n70н2038	1748	n89н11
1719	n40н18	1749	n59н2037
1720	n2028н1	1750	n74н2038
1721	n900н12+	1751	n44н18
1722	вп11н12	1752	n2028н1
1723	u1835н=	1753	n900н12+
1724	n86н11	1754	вп11н12
1725	n56н2037	1755	u1835н=
1726	n71н2038	1756	n90н11
1727	n41н18	1757	n60н2037
1728	n2028н1	1758	n75н2038
1729	n900н12+	1759	n45н18

1760	n2028н1	1819	u1835н1=
1761	n900н12+	1820	n98н11
1762	Bn1н12	1821	n68н2037
1763	u1835н=	1822	n83н2038
1764	n91н11	1823	n53н18
1765	n61н2037	1824	n2028н1
1766	n76н2038	1825	n900н12+
1767	n46н18	1826	bn1н12
1768	n2028н1	1827	u1835н=
1769	n900н12+	1828	n99н11
1770	bn1н12	1829	n69н2037
1771	u1835н=	1830	n84н2038
1772	n92н11	1831	n54н18
1773	n62н2037	1832	n2028н1
1774	n77н2038	1833	n900н12+
1775	n47н18	1834	bn1н12
1776	n2028н1	1835	u1890к1893
1777	n900н12+	1836	n29н2031
1778	Bn1н12	1837	n36н2039
1779	u1835н=	1838	n2033н1
1780	n93н11	1839	n1500н2032+
1781	n63н2037	1840	bn2031н2032
1782	n78н2038	1841	u1859н=
1783	n48н18	1842	n30н2031
1784	n2028н1	1843	n37н2039
1785	n900н12+	1844	n2033н1
1786	bn1н12	1845	n1500н2032+
1787	u1835н=	1846	bn2031н2032
1788	n94н11	1847	u1859н=
1789	n64н2037	1848	n31н2031
1790	n79н2038	1849	n2040н2039
1791	n49н18	1850	n2033н1
1792	n2028н1	1851	n1500н2032+
1793	n900н12+	1852	bn2031н2032
1794	bn1н12	1853	u1859н=
1795	u1835н=	1854	n32н2031
1796	n95н11	1855	n2033н1
1797	n65н2037	1856	n1500н2032+
1798	n80н2038	1857	bn2031н2032
1799	n50н18	1858	u1861н=
1800	n2028н1	1859	u1894к1899
1801	n900н12+	1860	e1к
1802	Bn1н12	1861	u1900к1906
1803	u1835н=	1862	n18н2016
1804	n96н11	1863	n2015н2017
1805	n66н2037	1864	yn2016н2017
1806	n81н2038	1865	n10к2018
1807	n51н18	1866	yn2018н2018
1808	n2028н1	1867	gn2035н2018
1809	n900н12+	1868	nn2035н3
1810	bn1н12	1869	o2270н
1811	u1835н=	1870	nn18н3
1812	n97н11	1871	o2270н
1813	n67н2037	1872	nn2015н3
1814	n82н2038	1873	o2270н
1815	n52н18	1874	nn2017н3
1816	n2028н1	1875	o2270н
1817	n900н12+	1876	nn2018н3
1818	bn1н12	1877	o2274н

1878	c2049к2036	1895	yδ1100н1300+
1879	c2049к2027	1896	n <sub>1</sub> 0к2015
1880	c2048к2028	1897	yу2039н2015
1881	c2048к2033	1898	об38н2015
1882	c2049к2034	1899	x0н
1883	δ1x10	1900	n2034н1
1884	u1706н>	1901	yδ1100н1100+
1885	к0н	1902	n <sub>1</sub> 0к2015
1890	cn2037н13	1903	yn35н2015
1891	yn2038н13	1904	og34н2015
1892	gn13н18	1905	об38н2015
1893	x0н	1906	x0н
1894	n2034н1		

### Приложение 3

#### Ввод информации

00100		0000	3200	0000	7100	0175	0050
0000	0000	0000	7777	7777	7777	00210	
0000	0000	0000	0014	0000	0000	—3400	0211 0240
4000	0000	0000	0000	0000	0177	—1000	0155 0051
0000	0000	0000	0060	0000	0000	—1000	0154 0052
0000	0000	0000		00150		—1000	0000 0053
7100	0157	0006	0000	0000	0001	7101	0051 1000
—3000	0107	0007	0000	0000	7777	6700	0052 0130
7107	0153	0000	0000	0000	0004	0700	0153 0114
	00110		0000	0000	0016	—3400	0220 0226
—3000	0111	0017	0000	0000	0100		00220
7300	0156	0000	0000	0000	0017	0400	0051 0053
0700	0156	0101	0000	0200	0000	1000	0152 0052
—3400	0123	0114	0000	0400	0000	6400	0152 0051
1000	0012	0017		00160		—3400	0214 0224
2300	0010	0000	0000	1000	0000	—0001	0153 1000
—3200	0117	0120	0000	2000	0000	—3400	0211 0211
7600	0147	0017	0000	4000	0000	7101	0053 1000
	00120		0100	0000	0000	7200	0151 0040
7107	0152	0000	0002	0000	0000		00230
7700	0015	0000	0004	0000	0000	3100	0656 0017
7607	0017	0000	0010	0000	0000	—3000	0232 0051
—2007	0107	0157	0200	0000	0000	1000	0152 0052
6400	0113	0012		00170		6501	0052 1000
0400	0150	0147	0040	0000	0000	7200	0151 0040
6400	0112	0015	0100	0000	0000	—3100	0656 0017
0400	0151	0152	0200	0000	0000	6700	0201 0030
	00130		0400	0000	0000	0601	0051 1000
0400	0151	0153	1000	0000	0000		00240
0400	0154	0156	2000	0000	0000	7100	0174 0050
0000	1100	0000	4000	0000	0000	—3400	0242 0243
—0000	0000	0000	7700	0000	0000	—6001	2400 2100
4000	0000	0002		00200		7100	0173 0050
0000	7777	0000	—1300	0000	0050	—3400	0245 0251
7777	0000	0000	7300	0177	0014	0501	0000 2100
0000	0001	0000	—3400	0203	0264	—3000	0247 0040
	00140		—1000	0100	0001	—3100	0633 0017
4000	0000	0001	7100	0176	0050		00250
0000	2100	0000	—3400	0206	0207	—3001	0251 2100
0000	6500	0000	—6001	2400	1000	7100	0172 0050

—3400	0253	0254	7100	0164	0050	—3000	0424	0051
—6001	2400	3200		00340		7101	0151	6500
7100	0171	0050	—3400	0341	0346	6700	0201	0000
—3400	0256	0262	6500	0215	0100	1200	0051	0051
0501	0000	3200	0700	0100	0000	0401	0051	6501
—300	0260	0040	0600	0143	0345		00430	
	00260		—3100	0673	0017	—2001	0422	0150
—3100	0633	0017	0000	0000	0000	—1000	0100	0001
—3001	0262	3200	7100	0162	0050	7100	0151	0001
—6000	3400	0000	—3400	0350	0364	—3000	0434	0051
—2001	0204	0150		00350		6501	0216	1000
7100	0147	0050	6500	0215	0100	—3000	0436	0002
—3400	0266	0310	0700	0100	0000	7102	0135	6500
—1000	0100	0001	0600	0142	0363	6600	0216	0003
7100	0170	0050	—1000	0100	0001		00440	
	00270		0501	0000	3200	7102	0136	6500
—3400	0271	0275	—3000	0356	0040	6700	0215	0000
0501	0000	4300	3600	0040	0040	1200	0003	0003
—3400	0273	0275	4500	0040	0140	1002	0163	6500
—6000	1400	0001		00360		—1123	0051	0000
—6001	2400	4300	—3001	0361	6500	7101	0151	1000
7100	0167	0050	—2001	0354	0150	—3000	0447	0002
—3400	0277	0306	—3100	0673	0017	7102	0135	6500
0501	0000	4300	0000	0000	0000		00450	
	00300		7100	0160	0050	6600	0216	0003
—3400	0303	0301	—3400	0366	0374	7102	0136	6500
—1001	0146	4300	—1000	0100	0001	6700	0215	0000
—3400	0306	0306	0501	0000	1000	1200	0003	0003
—3000	0304	0040		00370		1002	0163	6500
—3100	0633	0017	—3000	0371	0002	—1023	0051	0000
—3001	0306	4300	2502	5400	5400	—2001	0432	0150
—2001	0267	0150	—3001	0373	2100	—1000	0101	0001
—6000	3400	0000	—2001	0367	0150		00460	
	00310		7100	0161	0050	7101	0135	6500
7100	0145	0050	—3400	0376	0403	6600	0216	0002
—3400	0312	0326	6500	0215	0100	2101	0150	6500
—1000	0101	0001	0700	0100	0000	6600	0236	0051
7100	0166	0050		00400		0422	0051	0000
—3400	0315	0316	0600	0141	0402	—2001	0460	0150
—6001	2400	5400	—3100	0673	0017	7100	0157	0050
7100	0165	0050	0000	0000	0000	—3400	0470	0510
—3400	0320	0324	7100	0156	0050		00470	
	00320		—3400	0405	0466	—1000	0101	0001
0501	0000	5400	—1000	0101	0001	—1000	0000	0051
—3000	0322	0040	—1001	0000	6500	—6000	1400	0051
—3100	0633	0017	—2001	0406	0150	7100	0151	0001
—3001	0324	5400		00410		—3000	0475	0002
—2001	0313	0150	—1000	0100	0001	7121	0136	0000
—6000	3400	0000	1001	1000	0051	0600	0002	0002
7100	0163	0050	6600	0216	0002	1300	0163	0000
—3400	3300	0337	1002	0150	6500		00500	
	00330		7100	0151	0051	6700	0215	0000
—1000	0100	0001	—3000	0416	0002	1200	0001	0001
7101	0144	2100	1002	0150	6500	—6000	3400	0000
—3000	0333	0040	—2001	0411	0137	—6022	1400	0000
—3100	0743	0017		00420		—2002	0503	0150
4501	0042	3200	2100	0163	0101	—6000	3400	0000
—3001	0336	3200	3000	0422	0001	1000	0137	0051
—2001	0331	0150	7101	0135	6500	—2001	0472	0000

	00510		—3000	0575	0040	—1000	0040	0043
—1000	0100	0001	—1400	0053	0040	6700	0661	0040
0501	0000	2100	0503	0133	4300	3300	0041	0104
—3000	0513	0051	1603	0040	1000	1200	0042	0042
7200	0144	0040		00600		4000	0672	0041
—3100	0743	0017	2700	0054	0000	6400	0662	0043
3600	0134	0040	4700	0052	0000	—3400	0661	0667
4501	0040	3200	7203	0144	6500	—1000	0042	0000
—3300	0520	0521	—2002	0561	0137		00670	
	00520		1000	0055	0001	—3017	0000	0000
—3001	0523	6500	—2001	0533	0000	0000	0000	0020
—0001	0001	2100	—3400	0531	0531	0631	4631	4631
—3400	0521	0521	1000	0055	0001	—1017	0000	0016
3501	0042	3200		00610		6600	0675	0040
—3000	0525	0040	—2001	0533	0000	6700	0714	0030
—1400	0051	0040	0500	0051	0000	0600	0016	0016
0501	0133	4300	—3200	0613	0531	—1000	0040	0015
1601	0040	1000	—1000	0000	0001		00700	
	00530		—1001	0103	0051	—1000	0737	0041
—2001	0511	0150	3400	0616	0631	—0000	0740	0042
—1000	0000	0051	2200	0163	0051	—1016	0000	0043
—1000	0101	0001	6700	0215	0000	—3000	0706	0044
—1000	0146	0052		00620		3400	0741	0041
—3000	0535	0053	0700	0051	0000	6400	0732	0042
7141	0000	0136	1200	0141	0624	5500	0041	0043
—3000	0537	0054	2200	0132	0626	—3200	0704	0710
1300	0163	0000	—3100	0673	0017		00710	
	00540		0000	0000	0000	3500	0041	0041
6600	0216	0055	—3100	0673	0017	—7300	0041	0043
7100	0135	0001	0000	0000	0000	—1600	0000	0041
0600	0054	0054	1100	0137	0001	—1600	0000	0044
—3000	0544	0002		00630		6700	0043	0130
—1042	0000	0003	—3000	0614	0001	4200	0041	0041
7200	0133	0056	—0000	0144	0144	—1000	0742	0043
0503	0056	1000	—3400	0613	0613	7100	0043	0042
1600	0052	0052	—1000	0653	0041		00720	
	00550		—7500	0653	0042	—3400	0721	0724
1503	0053	6500	—1000	0040	0044	6400	0732	0041
—3000	0552	0053	6600	0637	0045	6400	0732	0043
—2002	0544	0137	0700	0654	0040	—3400	0717	0731
5500	0052	0102		00640		3000	0741	0041
—3200	0607	0555	—3400	0643	0641	7200	0043	0044
—3000	0556	0051	—1000	0043	0041	7600	0042	0042
4500	0053	0052	—3000	0646	0000	2100	0044	0041
0600	0133	0052	3500	0043	0045		00730	
	00560		1600	0042	0042	—3000	0722	0041
—1000	0054	0002	3400	0655	0043	—6000	2400	0042
—1042	0000	0003	6400	0651	0044	—2015	0735	0104
7300	0133	0000	—3400	0636	0650	—6000	3400	0000
0600	0052	0053		00650		—1000	0040	0015
1403	0053	2100	—7200	0655	0042	—2016	0700	0736
—3000	0566	0053	4700	0041	0104	—3017	0001	0000
—1200	0053	0040	—3017	0000	0042	4000	0000	0001
0503	0000	1000	4000	0000	0001		00740	
	00570		7000	0000	0000	5400	0000	0000
—3003	0571	5400	5000	0000	0004	5000	0000	0004
—3000	0572	0054	—1000	0671	0041	—7400	0000	0000
—3100	0743	0017	—1000	0000	0042	5500	0002	0002
3503	0042	3200		00660		1600	0040	0041

—3200	0750	0746	4500	0043	0041	6000	0754	0042
—0000	0017	0040	1600	0043	0043		00770	
—3000	0746	0000		00760		—7200	0042	0041
	00750		4400	0043	0041	—3017	0000	0042
—3400	0751	0771	—7300	0743	0043	6532	4000	0101
6300	0751	0036	1600	0041	0041	4561	7000	0000
6600	0772	0042	7100	0774	0042	0040	0000	0000
—1600	0000	0041	—3400	0765	0767	5520	2363	1401
3700	0773	0136	3400	0775	0041	0000	0000	0000
1600	0772	0043	2000	0774	0042	0000	0000	0000

Приложение 4

ПЕРЕРАБОТКА ПРОГРАММ В РЕЖИМ Т

10040	-10	00	10670	11006	10110	71	00	10777	10653
1	-10	00	10662	00001	1	-30	00	10112	11003
2	71	01	11100	10653	2	71	00	10777	10705
3	-30	00	10044	11004	3	-30	00	10114	11004
4	71	01	11100	10654	4	64	00	10655	11000
5	-30	00	10046	11010	5	64	00	10656	11001
6	66	00	10667	11005	6	64	00	10657	11002
7	22	00	10647	00003	7	64	00	10660	11003
10050	10	00	11006	00003	10120	05	00	11000	11001
1	05	00	11004	10661	1	07	00	11002	00000
2	-34	00	10053	10100	2	07	00	11003	00000
3	05	00	11004	10663	3	06	00	11004	10777
4	-34	00	10055	10137	4	-30	03	10125	00000
5	05	00	11004	10664	5	-60	03	00600	00000
6	-34	00	10057	10147	6	-20	03	10100	10660
7	05	00	11004	10665	7	-30	00	10072	00000
10060	-34	00	10061	00000	10130	00	00	00000	00000
1	05	00	11004	10666	1	00	00	00000	00000
2	-34	00	10063	10212	2	00	00	00000	00000
3	11	00	10666	10661	3	00	00	00000	00000
4	07	00	11004	00000	4	00	00	00000	00000
5	-34	00	10066	10072	5	00	00	00000	00000
6	11	00	10666	10663	6	00	00	00000	00000
7	07	00	11004	00000	7	00	00	00000	00000
10070	-34	00	10075	10640	10140	60	03	10655	00000
1	-00	00	00000	00000	1	-30	00	10142	10777
2	10	00	11010	11006	2	-60	00	00600	10777
3	-20	01	10042	10663	3	-10	03	10777	00000
4	-00	00	00000	00000	4	-20	03	10140	10660
5	11	00	10665	10665	5	-30	00	10072	00000
6	07	00	11004	00000	6	00	00	00000	00000
7	-34	00	10071	11620	7	00	00	00000	00000
10100	11	03	00000	00000	10150	00	00	00000	00000
1	-30	00	10102	10777	1	11	03	00000	00000
2	71	00	10777	10650	2	-30	00	10153	11012
3	-30	00	10104	11000	3	71	00	11012	10672
4	71	00	10777	10651	4	-34	00	10162	10155
5	-30	00	10106	11001	5	71	00	11012	10653
6	71	00	10777	10652	6	-34	00	10166	10157
7	-30	00	10110	11002	7	71	00	11012	10654

10160	—34	00	10171	10161	3	71	00	10777	10650
1	—00	00	11012	00003	4	66	00	10655	11020
2	63	00	10655	00000	5	71	00	10652	10777
3	—30	00	10173	11012	6	66	00	10657	11021
4	00	00	00000	00000	7	71	00	10733	10777
5	00	00	00000	00000	10260	—34	00	10261	10262
6	63	00	10660	00000	1	10	00	10647	11022
7	13	00	10647	00000	2	71	00	00777	10705
10170	—30	00	10173	11012	3	07	00	11020	00000
1	13	00	10661	00000	4	07	00	11021	00000
2	—30	00	00173	11012	5	06	00	11022	10777
3	—10	03	11012	00000	6	—30	00	10471	00000
4	—60	03	00600	00000	7	00	00	00000	00000
5	—20	03	10151	10660	10270	71	00	10777	10733
6	—30	00	10072	00000	1	66	00	10655	11020
7	00	00	00000	00000	2	71	00	10714	10777
10200	00	00	00000	00000	3	—30	00	10274	11021
1	00	00	00000	00000	4	71	00	10650	10777
2	00	00	00000	00000	5	66	00	10655	11022
3	00	00	00000	00000	6	71	00	10652	10777
4	00	00	00000	00000	7	66	00	10657	11024
5	00	00	00000	00000	10300	71	00	10731	10777
6	00	00	00000	00000	1	66	00	10660	11025
7	00	00	00000	00000	2	71	00	10705	10777
10210	00	00	00000	00000	3	07	00	11020	00000
1	00	00	00000	00000	4	07	00	11021	00000
2	11	03	00000	00000	5	07	00	11022	00000
3	—30	00	10214	10777	6	07	00	11024	00000
4	71	00	10674	10777	7	06	00	11025	10777
5	30	00	10216	10776	10310	—30	00	10471	00000
6	71	00	10711	10777	1	00	00	00000	00000
7	—30	00	10220	11023	2	00	00	00000	00000
10220	05	00	10776	10675	3	00	00	00000	00000
1	—34	00	10222	10477	4	00	00	00000	00000
2	05	00	10776	10676	5	00	00	00000	00000
3	—34	00	10224	10350	6	00	00	00000	00000
4	05	00	10776	10677	7	00	00	00000	00000
5	—34	00	10226	10230	10320	00	00	00000	00000
6	—00	00	10776	00003	1	00	00	00000	00000
7	00	00	00000	00000	2	00	00	00000	00000
10230	05	00	10700	11023	3	00	00	00000	00000
1	—34	00	10232	10250	4	00	00	00000	00000
2	0	00	11023	10701	5	00	00	00000	00000
3	—34	00	10234	10252	6	00	00	00000	00000
4	05	00	11023	10702	7	00	00	00000	00000
5	—34	00	10236	10250	10330	00	00	00000	00000
6	05	00	11023	10703	1	00	00	00000	00000
7	—34	00	10240	10270	2	00	00	00000	00000
10240	71	00	10777	10650	3	00	00	00000	00000
1	66	00	10655	11020	4	00	00	00000	00000
2	71	00	10777	10652	5	00	00	00000	00000
3	66	00	10657	11021	6	00	00	00000	00000
4	71	00	10705	10777	7	00	00	00000	00000
5	07	00	11020	00000	10340	00	00	00000	00000
6	06	00	11021	10777	1	00	00	00000	00000
7	—30	00	10471	00000	2	00	00	00000	00000
10250	71	00	10777	10705	3	00	00	00000	00000
1	—30	00	10471	10777	4	00	00	00000	00000
2	—10	00	00000	11022	5	00	00	00000	00000

6	00	00	00000	00000	2	00	00	00000	00000
7	00	00	00000	00000	3	00	00	00000	00000
10350	05	00	11023	10700	4	00	00	00000	00000
1	—34	00	10352	10370	5	00	00	00000	00000
2	05	00	11023	10702	6	00	00	00000	00000
3	—34	00	10354	10400	7	00	00	00000	00000
4	05	00	11023	10703	10450	00	00	00000	00000
5	—34	00	10356	10400	1	00	00	00000	00000
6	05	00	11023	10704	2	00	00	00000	00000
7	—34	00	10360	10400	3	00	00	00000	00000
10360	05	00	11023	10710	4	00	00	00000	00000
1	—34	00	10362	10370	5	00	00	00000	00000
2	05	00	11023	10711	6	00	00	00000	00000
3	—34	00	10370	10370	7	00	00	00000	00000
4	00	00	11023	00003	10460	00	00	00000	00000
5	00	00	00000	00000	1	00	00	00000	00000
6	00	00	00000	00000	2	00	00	00000	00000
7	00	00	00000	00000	3	00	00	00000	00000
10370	71	00	10640	10777	4	00	00	00000	00000
1	66	00	10655	11020	5	00	00	00000	00000
2	71	00	10712	10777	6	00	00	00000	00000
3	06	00	11020	10777	7	00	00	00000	00000
4	—30	00	10471	00000	10470	—10	00	10732	10124
5	00	00	00000	00000	1	—10	03	10777	00000
6	00	00	00000	00000	2	—60	00	00600	10777
7	00	00	00000	00000	3	—20	03	10212	10660
10400	—10	00	10730	10124	4	—30	00	10072	00000
1	—30	00	10102	00000	5	00	00	00000	00000
2	00	00	00000	00000	6	00	00	00000	00000
3	00	00	00000	00000	7	00	00	00000	00000
4	00	00	00000	00000	10500	00	00	00000	00000
5	00	00	00000	00000	1	—10	00	00000	00000
6	00	00	00000	00000	2	05	00	11023	10700
7	00	00	00000	00000	3	—34	00	10504	00000
10410	00	00	00000	00000	4	05	00	11023	10701
1	00	00	00000	00000	5	—34	00	10506	11600
2	00	00	00000	00000	6	05	00	11023	10702
3	00	00	00000	00000	7	—34	00	10513	00000
4	00	00	00000	00000	10510	00	00	00000	00000
5	00	00	00000	00000	1	00	00	00000	00000
6	00	00	00000	00000	2	00	00	00000	00000
7	00	00	00000	00000	3	71	00	10777	10650
10420	00	00	00000	00000	4	66	00	10655	11024
1	00	00	00000	00000	5	71	00	10777	10705
2	00	00	00000	00000	6	—30	00	10517	11020
3	00	00	00000	00000	7	71	00	10652	10777
4	00	00	00000	00000	10520	66	00	10657	11021
5	00	00	00000	00000	1	71	00	00653	10777
6	00	00	00000	00000	2	—30	00	10523	11022
7	00	00	00000	00000	3	71	00	10653	10713
10430	00	00	00000	00000	4	07	00	11022	00000
1	00	00	00000	00000	5	—34	00	10526	10545
2	00	00	00000	00000	6	71	00	10653	10714
3	00	00	00000	00000	7	07	00	11022	00000
4	00	00	00000	00000	10530	—34	00	10531	10600
5	00	00	00000	00000	1	71	00	10653	10713
6	00	00	00000	00000	2	07	00	11022	00000
7	00	00	00000	00000	3	—34	00	10534	10603
10440	00	00	00000	00000	4	71	00	10653	10716
1	00	00	00000	00000	5	07	00	11022	00000

6	-34	00	10537	10606	1	00	00	00000	00000
7	71	00	10653	10717	2	00	00	00000	00000
10540	70	01	10220	00000	3	11	00	10666	10665
1	-34	00	10542	10611	4	-30	00	10565	00010
2	71	00	10653	10720	5	00	00	00000	00000
3	07	00	11022	00000	6	11	00	10666	10666
4	-34	00	10545	10614	7	-30	00	10565	00010
5	71	00	10653	10721	10640	00	00	00000	00000
6	07	00	11022	00000	1	-10	03	00000	00000
7	-34	00	10550	10617	2	-60	03	00600	00000
10550	71	00	10653	10722	3	-20	03	10641	10660
1	0	00	11022	00000	4	-30	00	10072	00000
2	-34	00	10553	10623	5	00	00	00000	00000
3	71	00	10653	10723	6	00	00	00000	00000
4	07	00	11022	00000	7	00	01	00000	00000
5	-34	00	10556	10627	10650	00	03	14000	00000
1	71	00	10653	10725	1	00	10	00000	00000
7	07	00	11022	00000	2	00	04	00000	00000
10560	-34	00	10561	10633	3	00	00	03777	00000
1	71	00	10653	10725	4	00	00	00000	07777
2	07	00	11022	00000	5	00	00	00000	00002
3	-34	00	10564	10636	6	00	00	00000	00104
4	--00	00	00000	00000	7	00	00	00000	00100
5	71	10	10713	10654	10660	00	00	00000	00001
6	66	00	10726	10776	1	00	00	00000	10000
7	00	00	00000	00000	2	13	10	00000	00000
10570	00	00	00000	00000	3	00	00	00001	00000
1	05	00	11020	11024	4	00	00	00001	10000
2	07	00	11021	00000	5	00	00	00002	00000
3	06	00	10776	10777	6	00	00	00002	10000
4	00	00	00000	00000	7	00	00	00032	00032
5	-30	00	10472	00000	10670	00	00	00000	00100
6	00	00	00000	00000	1	77	17	17777	10000
7	00	00	00000	00000	2	77	17	14000	00000
10600	10	00	10661	00010	3	00	02	14000	00000
1	-30	00	10565	00000	4	70	00	00000	00000
2	00	00	00000	00000	5	60	00	00000	00000
3	10	00	10663	00010	6	40	00	00000	00000
4	-30	00	10565	00000	7	50	00	00000	00000
5	00	00	00000	00000	10700	01	00	00000	00000
6	10	00	10664	00010	1	02	00	00000	00000
7	-30	00	10565	00000	2	03	00	00000	00000
10610	00	00	00000	00003	3	04	00	00000	00000
1	10	00	10665	00010	4	05	00	00000	00000
2	-30	00	10565	00000	5	-77	00	00000	07777
3	00	00	00000	00000	6	00	00	04000	00000
4	10	00	10666	000010	7	00	00	00400	00000
5	-30	00	10565	00000	10710	06	00	00000	00000
6	00	00	00000	00000	1	07	00	00000	00000
7	11	00	10666	10661	2	-77	00	01557	17777
10620	30	00	10565	00010	3	00	00	00400	00400
1	00	00	00000	00000	4	00	00	01000	01000
2	00	00	00000	00000	5	00	00	02000	01400
3	11	00	10666	10663	6	00	00	01400	02000
4	-03	00	01565	00010	7	00	00	02400	02400
5	00	00	00000	00000	10720	00	00	03000	03000
6	00	00	00000	00000	1	00	00	03400	03400
7	11	00	10666	10664	2	00	00	00200	00200
10630	-30	00	10565	00010	3	00	00	00600	00600
					4	00	00	01200	01200

5	00	00	01600	01400	3	07	00	11023	00000
6	00	00	00000	00014	4	07	00	11023	00000
7	—77	00	10000	07777	5	06	00	11024	10777
10730	—30	00	10470	00000	6	—30	00	10471	00000
1	00	00	00377	10000	7	15	05	05646	11531
2	—03	00	07012	12000	11620	11	03	00000	00000
3	00	00	02000	00000	1	—30	00	11622	10777
4	00	00	00000	00000	2	71	00	10777	10672
5	00	00	00000	00000	3	66	00	10655	11020
6	00	00	00000	00000	4	71	00	10777	10653
7	00	00	00000	00000	5	66	00	10660	11021
11600	71	00	10777	10705	6	71	00	10654	10777
1	—30	00	11602	11020	7	07	00	11020	00000
2	71	00	10777	10652	11630	06	00	11021	10777
3	66	00	10657	11021	1	—30	03	11632	00000
4	71	00	10777	11577	2	—60	03	00600	00000
5	—30	00	11606	11022	3	—20	03	11620	10660
6	71	00	10777	11576	4	—30	00	10072	00000
7	66	00	10660	11023	5	15	07	01616	00736
11610	71	00	10650	10777	6	20	03	04646	13515
1	07	00	11022	00000	7	12	07	01646	11515

#### Расчет шахтных вентиляционных сетей

00100	11	01	00000	00000	3	00	00	03200	00000
1	05	11	00000	00000	4	77	17	17777	17777
2	40	00	00000	00102	5	00	03	00000	00000
3	11	02	00000	00000	6	00	00	00000	00000
4	00	00	00000	00000	7	00	14	00000	00000
5	71	00	00157	00006	00150	00	00	00000	00001
6	—30	00	00107	00007	1	00	00	00000	07777
7	71	07	00153	00000	2	00	00	00000	00004
00110	—30	00	00111	00017	3	00	00	00000	00016
1	73	00	00156	00000	4	00	00	00000	00100
2	07	00	00156	00101	5	00	00	00000	00017
3	—34	00	00123	00114	6	00	00	00100	00000
4	10	00	00012	00017	7	00	00	00200	00000
5	23	00	00010	00000	00160	00	00	00400	00000
6	—32	00	00117	00120	1	00	00	01000	00000
7	76	00	00147	00017	2	00	00	02000	00000
00120	71	07	00152	00000	3	00	01	00000	00000
1	77	00	00015	00000	4	00	00	10000	00000
2	76	07	00017	00000	5	00	01	00000	00000
3	—20	07	00107	00157	6	00	02	00000	00000
4	64	00	00113	00012	7	00	04	00000	00000
5	04	00	00150	00147	00170	00	10	00000	00000
6	64	00	00112	00015	1	01	00	00000	00000
7	04	00	00151	00152	2	02	00	00000	00000
00130	04	00	00151	00153	3	04	00	00000	00000
1	04	00	00154	00156	4	10	00	00000	00000
2	00	00	01100	00000	5	20	00	00000	00000
3	—00	00	00000	00000	6	40	00	00000	00000
4	40	00	00000	00002	7	77	00	00000	00000
5	00	00	17777	00000	00200	—30	00	00060	00000
6	77	17	00000	00000	1	73	00	00177	00015
7	00	00	00001	00000	2	—34	00	00203	00264
00140	40	00	00000	00001	3	—10	00	00100	00001
1	00	00	02100	00000	4	71	00	00176	00050
2	00	00	06500	00000	5	—34	00	00206	00207

6	-60	01	01200	01000	2	-34	00	00306	00306	
7	71	00	00175	00050	3	-30	00	00304	00040	
00210	-34	00	00211	00240	4	-31	00	00633	00017	
1	-10	00	00155	00051	5	-30	01	00306	04300	
2	-10	00	00154	00052	6	-20	01	00267	00150	
3	-10	00	00000	00053	7	-60	00	01600	00000	
4	71	01	00051	01000	00310	71	00	00145	00050	
5	67	00	00052	00132		1	-34	00	00312	00326
6	07	00	00153	00115		2	-10	00	00101	00001
7	-34	00	00220	00226		3	71	00	00166	00050
00220	04	00	00051	00053		4	-34	00	00315	00316
1	10	00	00152	00052		5	-60	01	01200	05400
2	64	00	00152	00051		6	71	00	00165	00050
3	-34	00	00214	00224		7	-34	00	00320	00324
4	-00	01	00153	01000	00320	05	01	00000	05400	
5	-34	00	00211	00211		1	-30	00	00322	00040
6	71	01	00053	01000		2	-31	00	00633	00017
7	72	00	00151	00040		3	-30	01	00324	05400
00230	-31	00	00656	00017		4	-20	01	00313	00150
1	-30	00	00232	00051		5	-60	00	01600	00000
2	10	00	00152	00052		6	71	00	00163	00050
3	65	01	00052	01000		7	-34	00	00330	00337
4	72	00	00151	00040	00330	-10	00	00100	00001	
5	-31	00	00656	00017		1	71	01	00144	02100
6	67	00	00201	00032		2	-30	00	00333	00040
7	06	01	00051	01000		3	-31	00	00743	00017
00240	71	00	00174	00050		4	45	01	00042	03200
1	-34	00	00242	00243		5	-30	01	00336	03200
2	-60	01	01200	02100		6	-20	01	00331	00150
3	71	00	00173	00050		7	71	00	00164	00050
4	-34	00	00245	00251	00340	--34	00	00341	00346	
5	05	01	00000	02100		1	65	00	00215	00100
6	-30	00	00247	00040		2	07	00	00100	00000
7	-31	00	00633	00017		3	06	00	00143	00345
00250	-30	01	00251	02100		4	-31	00	00673	00017
1	71	00	00172	00050		5	00	00	00000	00000
2	-34	00	00253	00254		6	71	00	00162	00050
3	-60	01	01200	03200		7	-34	00	00350	00364
4	71	00	00171	00050	00350	65	00	00215	00100	
5	-34	00	00256	00262		1	07	00	00100	00000
6	05	01	00000	03200		2	06	00	00142	00363
7	-30	00	00260	00040		3	-10	00	00100	00001
00260	-31	00	00633	00017		4	05	01	00000	03200
1	-30	01	00262	03200		5	--30	00	00356	00040
2	-60	00	01600	00000		6	36	00	00040	00040
3	-20	01	00204	00150		7	45	00	00040	00140
4	71	00	00147	00050	00360	--30	01	00361	06500	
5	-34	00	00266	00310		1	-20	01	00354	00150
6	-10	00	00100	00001		2	-31	00	00673	00017
7	71	00	00170	00050		3	00	00	00000	00000
00270	-34	00	00271	00275		4	71	00	00160	00050
1	05	01	00000	04300		5	-34	00	00366	00374
2	-34	00	00273	00275		6	-10	00	00100	00001
3	-60	00	00600	00001		7	05	01	00000	01000
4	-60	01	01200	04300	00370	--30	00	00371	00002	
5	71	00	00167	00050		1	25	02	05400	05400
6	-34	00	00277	00306		2	-30	01	00373	02100
7	05	01	00000	04300		3	-20	01	00367	00150
00300	-34	00	00303	00301		4	71	00	00161	00050
1	-10	01	00146	04300		5	-34	00	00376	00403

6	65	00	00215	00100	2	—60	00	00000	00051
7	07	00	00100	00000	3	71	00	00151	00001
00400	06	00	00141	00402	4	—30	00	00475	00002
1	—31	00	00673	00017	5	71	01	00136	10000
2	00	00	00000	00000	6	06	00	00002	00002
3	71	00	00156	00050	7	13	00	00163	00000
4	—34	00	00405	00466	00500	67	00	00215	00000
5	—10	00	00101	00001	1	12	00	00001	00001
6	—10	01	00000	06500	2	—60	00	01600	00000
7	—20	01	00406	00150	3	—60	02	00600	10000
00410	—10	00	00100	00001	4	—20	02	00503	00150
1	—10	01	01000	00051	5	—60	00	01600	00000
2	66	00	00216	00002	6	10	00	00137	00051
3	10	02	00150	06500	7	—20	01	00472	00000
4	71	00	00151	00051	00510	—10	00	00100	00001
5	—30	00	00416	00002	1	05	01	00000	02100
6	10	02	00150	06500	2	—30	00	00513	00051
7	—20	01	00411	00137	3	72	00	00144	00040
00420	21	00	00163	00101	4	—31	00	00743	00017
1	—30	00	00422	00001	5	36	00	00134	00040
2	71	01	00135	06500	6	45	01	00040	03200
3	—30	00	00424	00051	7	—33	00	00520	00521
4	71	01	00151	06500	00520	—30	01	00523	06500
5	67	00	00201	00000	1	—00	01	00001	02100
6	12	00	00051	00051	2	—34	00	00521	00521
7	04	01	00051	06501	3	35	01	00042	03200
00430	—20	01	00422	00150	4	—30	00	00525	00040
1	—10	00	00100	00001	5	—14	00	00051	00040
2	71	00	00151	00001	6	05	01	00133	04300
3	—30	00	00434	00051	7	16	01	00040	01000
4	65	01	00216	01000	00530	—20	01	00511	00150
5	—30	00	00436	00002	1	—10	00	00000	00051
6	71	02	00135	06500	2	—10	00	00101	00001
7	66	00	00216	00003	3	—10	00	00146	00052
00440	71	02	00136	06500	4	—30	00	00535	00053
1	67	00	00215	00000	5	71	01	10000	00136
2	12	00	00003	00003	6	—30	00	00537	00054
3	10	02	00163	06500	7	13	00	00163	00000
4	—11	03	00051	10000	00540	66	00	00216	00055
5	71	01	00151	01000	1	71	00	00135	00001
6	—30	00	00447	00002	2	06	00	00054	00054
7	71	02	00135	06500	3	—30	00	00544	00002
00450	66	00	00216	00003	4	—10	02	10000	00003
1	71	02	00136	06500	5	72	00	00133	00056
2	67	00	00215	00000	6	05	03	00056	01000
3	12	00	00003	00003	7	16	00	00052	00052
4	10	02	00163	06500	00550	15	03	00053	06500
5	—10	03	00051	10000	1	—30	00	00552	00053
6	—20	01	00432	00150	2	—20	02	00544	00137
7	—10	00	00101	00001	3	55	00	00052	00102
00460	71	01	00135	06500	4	—32	00	00607	00555
1	66	00	00216	00002	5	—30	00	00556	00051
2	21	01	00150	06500	6	45	00	00053	00052
3	66	00	00236	00051	7	06	00	00133	00052
4	04	02	00051	10000	00560	—10	00	00054	00002
5	—20	01	00460	00150	1	—10	02	10000	00003
6	71	00	00157	00050	2	73	00	00133	00000
7	—34	00	00470	00510	3	06	00	00052	00053
00470	—10	00	00101	00001	4	14	03	00053	02100
1	—10	00	00000	00051	5	—30	00	00566	00053

6	-12	00	00053	00040	2	33	00	00041	00104
7	05	03	00000	01000	3	12	00	00042	00042
00570	-30	03	00571	05400	4	40	00	00672	00041
1	-30	00	00572	00054	5	64	00	00662	00043
2	-31	00	00743	00017	6	-34	00	00661	00667
3	35	03	00042	03200	7	-10	00	00042	00000
4	-30	00	00575	00040	00670	-30	17	00000	00000
5	-14	00	00053	00040	1	00	00	00000	00020
6	05	03	00133	04300	2	06	06	06314	14631
7	16	03	00040	01000	3	-10	17	00000	00016
00600	27	00	00054	00000	4	66	00	00675	00040
1	47	00	00052	00000	5	67	00	00714	00032
2	72	03	00144	06500	6	06	00	00016	00016
3	-20	02	00561	00137	7	-10	00	00040	00015
4	10	00	00055	00001	00700	-10	00	00737	00041
5	-20	01	00533	00000	1	-10	00	00740	00042
6	-34	00	00531	00531	2	-10	16	00000	00043
7	10	00	00055	00001	3	-30	00	00706	00044
00610	-20	01	00533	00000	4	34	00	00741	00041
1	05	00	00051	00000	5	64	00	00732	00042
2	-32	00	00613	00531	6	55	00	00041	00043
3	-10	00	00000	00001	7	-32	00	00704	00710
4	-10	01	00103	00051	00710	35	00	00041	00041
5	-34	00	00616	00631	1	-73	00	00041	00043
6	22	00	00163	00051	2	-16	00	00000	00041
7	67	00	00215	00000	3	-16	00	00000	00044
00620	07	00	00051	00000	4	67	00	00043	00132
1	12	00	00141	00624	5	42	00	00041	00041
2	22	00	00132	00626	6	-10	00	00742	00043
3	-31	00	00673	00017	7	71	00	00043	00042
4	11	01	02100	00221	00720	-34	00	00721	00724
5	-31	00	00673	00017	1	64	00	00732	00041
6	11	01	01000	00221	2	64	00	00732	00043
7	11	00	00137	00001	3	-34	00	00717	00731
00630	-30	00	00614	00001	4	30	00	00741	00041
1	-30	00	07617	00000	5	72	00	00043	00044
2	-34	00	00613	00613	6	76	00	00042	00042
3	-10	00	00653	00041	7	21	00	00044	00041
4	-75	00	00653	00042	00730	-30	00	00722	00041
5	-10	00	00040	00044	1	-30	00	07611	00000
6	66	00	00637	00045	2	-20	15	00735	00104
7	07	00	00654	00040	3	-30	00	07614	00000
00640	-34	00	00643	00641	4	-10	00	00040	00015
1	-10	00	00043	00041	5	-20	16	00700	00736
2	-30	00	00646	00000	6	-30	17	00001	00000
3	35	00	00043	00045	7	40	00	00000	00001
4	16	00	00042	00042	00740	64	00	00000	00000
5	34	00	00655	00043	1	50	00	00000	00004
6	64	00	00651	00044	2	-74	00	00000	00000
7	-34	00	00636	00650	3	55	00	00002	00002
00650	-72	00	00655	00042	4	16	00	00040	00041
1	47	00	00041	00104	5	-32	00	00750	00746
2	-30	17	00000	00042	6	-00	00	00017	00040
3	40	00	00000	00001	7	-30	00	00746	00000
4	70	00	00000	00000	00750	-34	00	00751	00771
5	50	00	00000	00004	1	63	00	00751	00036
6	-10	00	00671	00041	2	66	00	00772	00042
7	-10	00	00000	00042	3	-16	00	00000	00041
00660	-10	00	00040	00043	4	37	00	00773	00136
1	67	00	00661	00040	5	16	00	00772	00043

6	45	00	00043	00041		7	60	00	00754	00042
7	16	00	00043	00043	00770	—72	00	00042	00041	
00760	44	00	00043	00041		1	—30	17	00000	00042
1	—73	00	00743	00043		2	65	06	12000	00101
2	16	00	00041	00041		3	45	14	07400	00000
3	71	00	00774	00042		4	00	10	00000	00000
4	—34	00	00765	00767		5	55	04	01171	11401
5	34	00	00775	00041		6	00	00	00000	00000
6	20	00	00774	00042		7	47	05	05437	13313

### Выдача на АЦПУ

07575	—10	00	07740	00004		4	—62	00	00400	07760
6	—10	04	03177	16277	07655	—62	00	02004	07757	
7	—20	04	07576	07740		6	—62	06	01405	13000
07600	—10	00	07740	00004		7	—62	00	02015	07757
1	—10	04	00777	12777	07660	—62	06	01017	14100	
2	—20	04	07601	07740		1	—62	00	02026	07757
3	—10	00	07766	00004		2	—62	00	03016	07761
4	64	04	07767	12777		3	—62	00	03027	07761
5	—30	00	07716	00000		4	—62	06	01030	15200
6	13	00	00000	00050		5	—62	00	02037	07757
7	73	00	00177	00015		6	—62	00	03000	07761
07610	—34	00	00203	00264		7	—62	06	01440	16300
1	—10	04	00042	14100	07670	—62	00	02050	07757	
2	10	00	00150	00004		1	—62	00	03051	07761
3	—30	00	00732	00000		2	—62	00	03052	07761
4	—10	00	07741	07611		3	—62	00	02100	07757
5	—10	00	00000	00004		4	—62	00	03600	00000
6	—30	00	00734	00000		5	10	00	07762	00006
7	—10	00	00103	00006		6	10	00	07763	07760
07620	—10	00	07742	00007		7	—20	07	07642	00000
1	—10	00	07743	00005	07700	—10	00	07743	00005	
2	—62	05	02000	07744		1	—62	05	02000	07744
3	—20	05	07622	07743		2	—20	05	07701	07743
4	—62	00	03600	00000		3	—62	00	03600	00000
5	—62	00	03400	07745		4	—10	00	07764	00005
6	—62	00	02001	07746		5	—62	05	00600	00000
7	—62	00	02407	07747		6	—20	05	07705	00000
07630	—62	00	03412	07750		7	20	00	07742	00006
1	—62	00	03421	07751	07710	—32	00	07620	07711	
2	—62	00	03432	07752		1	—10	00	00000	07760
3	—62	00	03443	07753		2	—10	00	07765	07611
4	—62	00	02100	07754		3	—10	00	00000	00004
5	—62	00	03600	00000		4	—00	00	00144	00144
6	—10	00	07743	00005		5	—30	00	07617	00000
7	—62	05	02000	07744		6	—20	04	07604	07766
07640	—20	05	07637	07743		7	—10	00	07766	00004
1	—62	00	03600	00000	07720	64	04	07767	16277	
2	05	06	07756	13000		1	—20	04	07720	07766
3	—34	00	07654	07644		2	—10	00	00000	00004
4	—62	00	01200	00000		3	—30	00	07606	00000
5	—62	00	02004	07757		4	00	00	00000	00000
6	—62	00	02015	07757		5	00	00	00000	00000
7	—62	00	02026	07757		6	00	00	00000	00000
07650	—62	00	02037	07757		7	00	00	00000	00000
1	—62	00	02050	07757	07730	00	00	00000	00000	
2	—62	00	02100	07757		1	00	00	00000	00000
3	—30	00	07674	00000		2	00	00	00000	00000

3	00	00	00000	00000	6	00	00	00000	00000
4	00	00	00000	00000	7	37	00	00000	00000
07735	00	00	00000	00000	07760	00	00	00000	00000
6	00	00	00000	00000	1	70	00	00000	00000
7	00	00	00000	00000	2	00	00	00000	00001
07740	43	17	00001	00001	3	00	02	00000	00000
1	—10	04	00042	15200	4	00	07	00000	00000
2	03	13	00000	00000	5	10	04	00042	14100
3	03	17	00001	00000	6	43	17	00000	00001
4	13	00	00000	00000	7	00	00	00000	00010
5	70	16	00726	13770	07770	00	00	00000	00000
6	57	00	00000	00000	1	00	00	00000	00000
7	52	13	12200	00000	2	00	00	00000	00000
07750	70	16	03417	17070	3	00	00	00000	00000
1	65	16	03434	07037	4	00	00	00000	00000
2	76	16	03434	07037	5	00	000	00000	00000
3	40	16	03434	07037	6	00	00	00000	00000
4	37	00	00000	00000	7	—76	17	00537	13023
5	00	00	04000	00000	10000	—00	14	00000	00000

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>3</b>
<b>I. Классификация задач и области использования средств вычислительной техники</b>	<b>5</b>
I.1. Вентиляционные сети и задачи, решаемые при их расчетах	5
I.2. Этапы расчета вентиляционной сети	9
I.3. Методы и средства расчета вентиляционных сетей	12
I.4. Критерии оценки рациональных областей применения средств вычислительной техники	16
I.5. Области применения средств вычислительной техники	17
<b>II. Методы получения и подготовки исходных данных для расчета вентиляционных сетей</b>	<b>23</b>
II.1. Составление расчетных схем аэродинамических съемок	24
II.2. Приборы для депрессионных съемок	28
II.3. Методы и способы проведения депрессионных съемок	33
II.4. Обследование вентиляторных установок	43
II.5. Оформление результатов воздушно-депрессионной съемки	52
II.6. Составление расчетных схем, анализируемых вариантов проветривания	53
II.7. Обработка и накопление информации для расчета вентиляционных сетей на ЭВМ	55
II.8. Внесение естественной тяги в расчетные схемы комбинациями условных вентиляторов	67
II.9. Задачи, при решении которых необходимо учитывать естественные депрессии	73
II.10. Методы учета естественных депрессий при выборе вентиляторов	74
<b>III. Методика решения вентиляционных задач с помощью ЭВМ и аналоговых устройств</b>	<b>78</b>
III.1 Принцип электрического моделирования вентиляционных сетей	78
III.2. Основные требования к приборам электрической аналогии для расчета шахтных вентиляционных сетей. Краткая техническая характеристика электромодели ЭВМС-6	80
III.3. Методика решения вентиляционных задач с использованием электроаналоговых установок	83
III.4. Математическое обоснование метода расчета и алгоритм для решения на ЭВМ	89
III.5. Применение метода узловых матриц при нагнетательном способе проветривания	108
III.6. Применение метода узловых матриц при учете естественных депрессий	110

III.7. Распределение оперативной памяти под промежуточные данные	110
III.8. Анализ совместной работы вентиляторов главного проветривания	113
III.9. Пример решения задачи свободного распределения воздуха	114
III.10. Программа переработки программ из режима машины «Минск-22» в режим «Т» (ППРТ)	126
III.11. Описание программы расчета шахтных вентиляционных сетей для ЭВМ «Минск-32»	129
III.12. Методика проверки устойчивости режимов работы вентиляторов	131
III.13. Расчет равномерно распределенных утечек через зону обрушения	136
Приложения	144

## **ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ**

**по расчету вентиляционных сетей с применением аналоговых и цифровых  
вычислительных машин**

Ответственный за выпуск      проф. докт. техн. наук  
**А. А. Мясников**

Редактор      **Г. А. Олейникова**

Технический редактор      **Г. Д. Ладурко**

Корректоры      **Т. Б. Зайкина**  
**М. С. Репецкая**

---

Подписано к печати 15/VIII-74 г. Печ. л. 11.

ОП17900

Заказ 7414 Тираж 600 экз.

Цена 95 коп.

---

Прокопьевское полиграфическое производственное объединение управления  
издательств, полиграфии и книжной торговли Кемеровского облисполкома

# ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть																		
44	23 сверху	$h g$	$h d$																		
	11 снизу	$h g$	$h d$																		
54	5 сверху	один	одним																		
58	Табл. 8	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <thead> <tr> <th>№ № пп</th> <th>Код сети</th> <th><math>Q,</math> <math>m^3/c</math></th> <th><math>Q,</math> <math>m^3/мин</math></th> <th><math>H,</math> <math>м_2</math> <math>вод. ст.</math></th> <th><math>A = \frac{1}{\sqrt{R}}</math></th> <th><math>R,</math> кп</th> <th><math>R_{уд}</math> кп</th> <th><math>L,</math> м</th> </tr> </thead> </table>	№ № пп	Код сети	$Q,$ $m^3/c$	$Q,$ $m^3/мин$	$H,$ $м_2$ $вод. ст.$	$A = \frac{1}{\sqrt{R}}$	$R,$ кп	$R_{уд}$ кп	$L,$ м	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <thead> <tr> <th>№ № пп</th> <th>Код сети</th> <th><math>Q,</math> <math>m^3/c</math></th> <th><math>Q,</math> <math>m^3/мин</math></th> <th><math>H,</math> <math>м_2</math> <math>вод. ст.</math></th> <th><math>A = \frac{1}{\sqrt{R}}</math></th> <th><math>R,</math> кп</th> <th><math>R_{уд}</math> кп</th> <th><math>L,</math> м</th> </tr> </thead> </table>	№ № пп	Код сети	$Q,$ $m^3/c$	$Q,$ $m^3/мин$	$H,$ $м_2$ $вод. ст.$	$A = \frac{1}{\sqrt{R}}$	$R,$ кп	$R_{уд}$ кп	$L,$ м
№ № пп	Код сети	$Q,$ $m^3/c$	$Q,$ $m^3/мин$	$H,$ $м_2$ $вод. ст.$	$A = \frac{1}{\sqrt{R}}$	$R,$ кп	$R_{уд}$ кп	$L,$ м													
№ № пп	Код сети	$Q,$ $m^3/c$	$Q,$ $m^3/мин$	$H,$ $м_2$ $вод. ст.$	$A = \frac{1}{\sqrt{R}}$	$R,$ кп	$R_{уд}$ кп	$L,$ м													
86	Подрисуночная подпись к рис. 16.	К монтажу схемы вентиляционных соединений ЭМВС-6	К монтажу схемы вентиляционных соединений на ЭМВС-6																		
93	14 снизу	$\overline{H}_K = \sum_{i=1}^n C_{Ki} i h_i$	$\overline{H}_K = \sum_{i=1}^n C_{Ki} i h_i$																		
100	7 сверху	и, следовательно, $\sum_{i=0}^n C_{Ki} Q_K = -Q_K + Q_K = 0$	$\sum_{i=0}^n C_{Ki} Q_K = -Q_K + Q_K = 0$																		
		$\sum_{i=0}^n S = 0$	и, следовательно, $\sum_{i=0}^n S = 0$																		
112	1 снизу	— депрессия элементов $(j=0,1, \dots, N-1)$	— депрессия элементов $(j=0,1, \dots, N-1)$																		