

Основные элементы шиберирующей завесы
 1 — воздухораспределитель; 2 — щель для выпуска воздуха; 3 — проем в наружном ограждении; 4 — воздуховоды; 5 — вентилятор с приводом; 6 — калорифер; 7 — воздухозабор; 8 — подставка (площадка)

дич. действия сводят к определению скорости и темп-ры воздуха на выходе из щели воздухораспределителя. Скорость подбирают т.о., чтобы ось плоской струи завесы прошла через точку O , положение которой выбрано так, чтобы вернуть в помещение воздух, подаваемый и подсасываемый из него в струю. Нач. темп-ру воздуха определяют из условия равенства темп-ры воздуха в помещении и средней темп-ры части струи, поступающей в помещение: $t_0 = [t_b(1 - \beta v - \ln \beta n)] / \beta \omega$, где t_0 — искомая темп-ра; t_b, t_n — темп-ра внутр. и наружного воздуха; $\beta v, \beta n$ и $\beta \omega$ — интегр. коэфф., определяющие долевое участие внутр., наружного и подаваемого в завесу воздуха в формировании темп-ры струи, поступающей в помещение; коэфф. долевого участия зависит от ширины щели и ворот, перекрываемых В.з.

В.з. периодич. действия, в к-рых предусмотрен подогрев воздуха, в период между открыванием ворот можно использовать как отопит. агрегаты. Пост. действующие В.з. предусматривают у пост. открытых технологич. проемов. Постоянство действия В.з. и свойства струи позволяют использовать агрегат В.з. как приточную или вытяжную вентиляционную установку. При проектировании шиберирующих В.з. принимают ограничения: $v_0 < 25$ м/с, $t_0 < 70^\circ\text{C}$. Шиберирующие В.з. можно устанавливать у проемов между смежными помещениями для предотвращения перетекания воздуха между ними. При проектировании В.з. между чистым и загрязн. помещениями воздушную шиберирующую струю направляют так, чтобы она полностью вошла в загрязн. помещение. Это требование обусловлено тем, что за счет подсоса воздуха из загрязн. помещения и диффузии примесей в потоке воздуха струя оказывается загрязн. Подмешивающие В.з. предусматривают обычно на

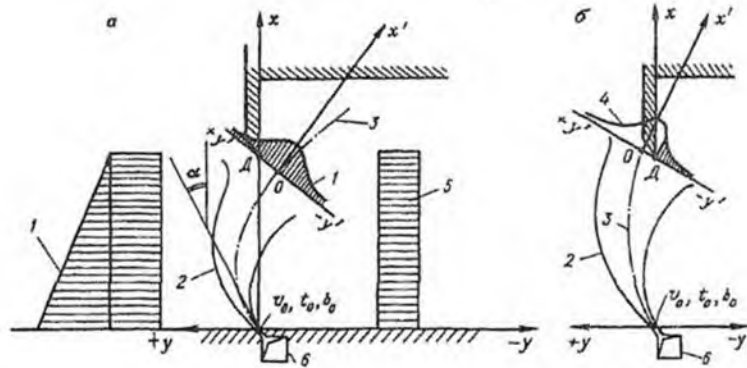


Схема струи шиберирующей завесы с нижней подачей воздуха

a, b — с внутр. и наруж. воздухозаборами; 1 — эпюра избыт. давления воздуха снаружи; 2 — границы воздушной струи; 3 — ось воздушной струи; 4 — эпюра скорости воздуха в конечном сечении воздушной струи; 5 — эпюра избыт. давления воздуха внутри; 6 — воздухораспределитель; v_0, t_0, β_0 — скорость, температура воздуха и ширина щели на выходе из воздухораспределителя; x, y — оси координат в нач. сечении; x', y' — оси координат в конечном сечении струи; α_0 — нач. угол наклона струи к плоскости проема (ворот); точка O — край проема

входе в многоэтажные общественные здания. Нагретый до 50°C внутр. воздух, взятый из вестибюля здания, подают в тамбур входных дверей. При открывании их поток наружного воздуха перемещивается с нагретым воздухом и поступает в вестибюль с заданной темп-рой, равной расчетной внутр. темп-ре для данного помещения. Подмешивающая В.з. работает лишь в период интенсивного открывания дверей (нач. и конец рабочего времени). Расход подаваемого для подмешивания воздуха зависит от интенсивности поступления на-

ружного воздуха через дверной проем, т.е. от конструкции дверей и тамбура, этажности здания, разности темп-ры внутри и снаружи, скорости и направления ветра, аэродинамич. хар-к здания.

ВОЗДУШНАЯ ПРОСЛОЙКА — пространство между конструктивными или теплоизолирующими слоями ограждения, служащее для увеличения теплозащитных свойств либо для проветривания с целью осушки внутр. слоев наружного ограждения.

ВОЗДУШНАЯ ТРУБА — труба в системе парового или водяного отопления, предназначенная для выпуска воздуха из теплопроводов и отопительных приборов в атмосферу. В системе парового отопления плотность воздуха при данной темп-ре больше плотности водяного пара, поэтому В.т. помещается в нижней части теплопроводов несколько выше уровня стояния в них конденсата. Запорная арматура на В.т. устанавливается только в закрытых системах парового отопления, находящихся во всех частях под избыточным давлением. Из этих систем воздух удаляется через воздуховыпускные краны, устанавливаемые в крайних точках конденсатопроводов и перед конденсатотводчиками.

В.т. в системе водяного отопления выполняется из стальной оцинков. трубы (обычно $D_y 15$ мм), прокладываемой под потолком верхнего обогреваемого этажа здания. Снабжается вертикал. воздушной петлей для исключения циркуляции в ней воды. Воздух из В.т. выпускается в атмосферу через вертикал. воздухоборник, бак расширительный, воздушный кран или иное приспособление.

ВОЗДУШНОЕ ОТОПЛЕНИЕ — обогревание помещений нагретым воздухом при темп-ре выше внутр. и при давлении, близком к атм. Различают В.о. с подачей нагретого воздуха непосредственно в помещение (струйно-конвективное отопление) и с его пропуском по каналу

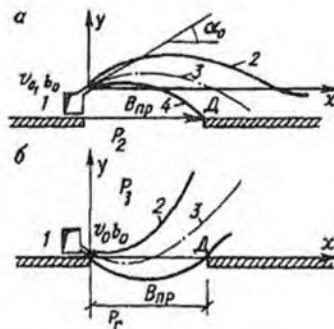


Схема струи шиберирующей завесы у проема между смежными помещениями

a — при избыт. давлении воздуха в загрязн. помещении P_1 ; b — при давлении воздуха в чистом (защищаемом) помещении выше избыточного P_2 ; 1 — воздухораспределитель; 2 — граница струи со стороны загрязн. помещения; 3 — ось струи; 4 — граница струи со стороны чистого помещения; v_0, β_0 — скорость воздуха и ширина щели в нач. сечении струи; x, y — координатные оси; точка O — край проема; α_0 — угол наклона струи к плоскости проема

внутри ограждений (*панельно-лучистое отопление*). Использование нагретого воздуха в качестве *теплоносителя* в *системе отопления* известно с глубокой древности. Малые теплоемкость и плотность воздуха, высокая подвижность, простота регулирования по темп-ре и кол-ву обеспечивают быстрое изменение и стабилизацию теплового режима помещений. Еще в конце I в. до н.э. римский архитектор и инженер Витрувий описал систему отопления периодич. действия "хюпокаустум" ("снизу согретый") с самотечным перемещением нагреваемого воздуха в подпольных каналах, предотврат. прогретых дымовыми газами. В середине века по мн. странах Европы получила распространение "русская система", прообразом которой послужила система В.о. Грановитой палаты Московского Кремля (конец XV в.). Воздух прогревался, соприкасаясь с внеш. поверхностью огневоздушной печи, что исключало возможность проникновения продуктов сгорания топлива в помещения. Более совершенные системы огневоздушного отопления, появившиеся в конце XVIII — нач. XIX в. — связаны с именами ученых: Н.А. Львова (1751—1804), Н.А. Аммосова (1787—1868), Г.С. Войницкого, И.И. Свизяева (1797—1875), С.Б. Лукашевича (1850—1912) и др. "Аммосовское отопление" с нагреванием воздуха в "пневматической печи" — огневом калорифере с трубами для прохода воздуха использовалось для отопления крупных зданий на протяжении мн. десятилетий. С начала XX в. В.о. претерпевает качеств. изменения. Появление эффективных теплоносителей, высокопрочных материалов и более совершен. оборудования способствовало созданию принципиально новых систем, отличающихся по функцион. назначению и схемно-конструктивным признакам.

В соврем. системах В.о. воздух нагревается в спец. калориферах, выполняемых, как правило, из металла. Изнутри калориферы могут обогреваться горячей водой (водовоздушное *комбинированное отопление*), паром (паровоздушное), электрической энергией (электровоздушное), нагретыми газами (газовоздушное). Перемещение воздуха в системах В.о. возможно естеств. путем за счет изменения его плотности при нагревании (гравитац. системы) и с помощью вентилятора, создающего вынужд. движение в дополнение к гравитац. (вентиляторные системы).

По радиусу действия В.о. подразделяется на местное и центральное отопление. В местной системе воздух нагревается в калорифере, находящемся в отапливаемом помещении. Примером вентиляторной местной системы может служить отопительный агрегат, а гравитац. — рециркуляционный воздухонагреватель. В центр. системе В.о. *тепловой пункт* размещается в отд. камере и дополняется *воздуховодами*, подводящими нагреваемый воздух к помещениям или каналам внутри ограждений и распределяющими нагретый воздух по ним. Обычно центр. система оборудуется вентилятором, при незначит. протяженности может быть гравитац. (см. *Центральное воздушное отопление*). В отличие от *водяного* и *парового* отопления центр. система В.о. может обслуживать одно помещение. По качеству подаваемого в помещения воздуха В.о. может выполняться по схеме с полной рециркуляцией воздуха, частичной рециркуляцией и прямоточной. В схеме с полной рециркуляцией воздух из помещения возвращается в тепловой пункт, нагревается и вновь подается в помещение. Такая чисто отопит. схема отличается низкими капит. вложениями и наименьшим расходом теплоты на нагревание воздуха, однако не удовлетворяет требованиям сан. гигиены. Воздух в помещениях не обновляется и с течением времени загрязняется продуктами дыхания и производств. отходами, вредными для здоровья людей. Полная рециркуляция допускается в обществ. зданиях и производств. помещениях в нерабочее время (*дежурное отопление*), в помещениях с кратковрем. пребыванием людей при отсутствии вредных выделений. Эта схема используется также в рециркуляц. воздухонагревателях и воздушно-тепловых завесах у наружных входов в здания. В схеме с частичной рециркуляцией к забираемому изнутри рециркуляц. воздуху подмешивается нек-рое кол-во свежего воздуха, необходимое для *вентиляции* помещений. Смеш. воздух догревается в калорифере и подается вентилятором в помещения (отопительно-вентиляц. система). По сравнению с чисто отопит. ее тепловая мощность возрастает на величину, необходимую для нагревания вентиляц. части приточного воздуха от темп-ры наружного до темп-ры воздуха в помещении. Для реализации этой схемы в местной системе используется отопительно-вентиляц. агрегат. В прямоточной схеме воздух забирается только снаружи в кол-ве, определяемом потребностями вентиляции обслуживаемых помещений. Схема является вентиляц. и отличается самыми высокими затратами теплоты. Эта схема обязательна, когда требуемый объем свежего вентиляц. воздуха превышает необходимый для создания должного отопит. эффекта (в гражданских и промышл. зданиях, при большом кол-ве вредных для здоровья паро- и газовой выделений, а также пожаро- и взрывоопасных и дурнопахнущих в-в). Во всех остальных случаях используется схема с частичной рециркуляцией как наиболее гибкая и позволяющая по необходимости переходить к полной рециркуляции и прямоточному варианту путем изменения расходных соотношений и темп-ры при-

точного воздуха. Выбор схемы В.о. в каждом конкретном случае зависит от назначения отапливаемых помещений, режима их функционирования, вида и кол-ва выделяющихся вредных веществ.

Кол-во вводимого в помещение воздуха $G_{от}$, кг/с, с заданной темп-рой t_v , °С, или необходимая ему темп-ра при известном расходе определяется из ур-ния *теплового баланса воздуха помещения* $G_{от} = c(t_v - t_n) = Q_{п}$, где c — уд. массовая теплоемкость, Дж/(кг·К); t_n — темп-ра внутр. воздуха, °С; $Q_{п}$ — теплонедостатки помещения, Вт, равные его теплопотерям за вычетом имеющихся пост. тепловыделений. Макс. темп-ра нагретого воздуха (на выходе из воздухораспределителя) ограничивается условием допустимого отклонения избыточной темп-ры *приточных струй* на входе в обслуживаемую или *рабочую зону* не более чем на 3—5 °С и не должна превышать 60 — в помещениях, 50 — в *воздушно-тепловых завесах* у наружных дверей и 70 °С — у ворот и технол. проемов.

В центр. системах В.о., обслуживающих неск. помещений, темп-ра приточного воздуха обычно принимается равной требуемой для отопления помещения с наименьшим значением $Q_{п}$. В остальные помещения предусматривается подача увелич. кол-ва воздуха в соответствии с их тепловыми балансами. Расход теплоты на нагревание воздуха (*тепловая мощность системы отопления*) определяется по аналогичному ур-нию, в к-ром $G_{от}$ принимается равным суммарному расходу нагреваемого воздуха для всех обслуживаемых помещений от нач. темп-ры (перед калорифером) до требуемой темп-ры приточного воздуха. При этом для систем с полной рециркуляцией воздуха в качестве нач. принимается темп-ра внутр., для прямоточных — темп-ра наружного, с частичной рециркуляцией — темп-ра смеси наружного и рециркуляц. воздуха.

Конструктивные особенности систем В.о., область их применения, достоинства и недостатки зависят от вида используемых систем и специфики обслуживаемых помещений (см. *Центральное воздушное отопление* и *Местное воздушное отопление*). Повсеместное распространение В.о. сдерживается невысокой эксплуат. надежностью разветвл. систем и повыш. теплоэнергетич. затратами на нагревание воздуха, особенно в прямоточных системах. Необходимым условием эксплуат. надежности систем В.о. является их высокая аэродинамич. устойчивость. Наибольшей устойчивостью (автомодельностью) обладают гравитац. системы стабильной структуры с обособл. ответвлениями для каждого этажа при качеств. регулировании системы В.о. Изменяющееся естеств. циркуляц. давление вызывает пропорциональн. изменение потоков воздуха по всем ответвлениям. В разветвл. системах с механич.

побуждением при качеств. регулировании пропорциональность располагаемых давлений нарушается. Возникающее эксплуат. разрегулирование приводит к перераспределению воздуха в пользу нижних и дальних ответвлений в отличие от нач. разрегулировки обратного действия, устраняемой при расчете и монтаже системы. Повышение аэродинамич. устойчивости разветвл. системы В.о. достигается за счет снижения доли естеств. давления. Автомодельность таких систем обеспечивается при перем. режиме их работы, когда темп-ра приточного воздуха изменяется по графику качеств. регулирования, а его расход — как для гравитационн. систем (качеств.-количеств. регулирование).

Снижение тепловой мощности систем В.о. целесообразно за счет минимизации расчетного расхода наружного и приточного воздуха и согласования режимов работы системы и обслуживаемых помещений (прерывистое отопление). Ощутимым резервом является использование теплового потенциала удаляемого воздуха для частичного нагревания наружного воздуха в разл. рода воздухо-воздушных теплообменниках-утилизаторах (см. *Утилизация теплоты вытяжного воздуха*). Все большее распространение получают системы В.о. с применением нетрадиционных энерго- и теплоносителей: солнечной радиации (*солнечное отопление*), теплоты геотерм. воды (*геотермальное отопление*), поверхностных слоев грунта и др. низкопотенц. источников теплоты.

ВОЗДУШНО-ТЕПЛОВАЯ ЗАВЕСА — установка *воздушного отопления*, предназначен. для локализации и нагревания холодного воздуха, проникающего через наружные проемы здания (двери, ворота, технологич. проемы) при их открытии. Различают В.-т.з. блокирующего (шиберирующего) типа, создающие в плоскости проема высокоскоростной поток нагретого воздуха, к-рый ограничивает проникание холодного воздуха, и низкоскоростные В.-т.з. смесит. типа, рассчит. в осн. на нагревание проникающего воздуха. Высокоскоростные В.-т.з. предусматриваются у ворот и технологич. проемов в наружных стенах при отсутствии тамбуров и открывающихся не менее чем на 40 мин в смену в р-нах с расчетной наружной темп-рой -15°C и ниже; низкоскоростные — у наружных дверей вестибюлей обществ. и административно-бытовых зданий при пропускной способности свыше 400 чел/ч в р-нах с темп-рой наружного воздуха $-15...-25^{\circ}\text{C}$, 250—400 чел/ч — при $-26...-40^{\circ}\text{C}$, 100—250 чел/ч — при более низкой темп-ре. Скорость выпуска нагретого воздуха из щелей или отверстий высокоскоростных В.-т.з. составляет до 25 м/с при предельной темп-ре 70°C , низкоскоростных — до

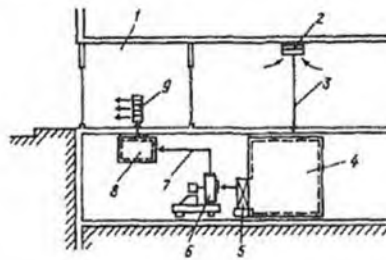


Схема воздушно-тепловой завесы у входа в здание

1 — тамбур; 2 — отверстие в верхней зоне первого этажа; 3 — канал; 4 — приемная камера с внутренней звукопоглощающей облицовкой; 5 — калорифер; 6 — вентилятор; 7 — воздуховод; 8 — воздухоотрастательная звукопоглощающая камера; 9 — воздуховыпускные решетки

8 м/с и 50°C . В.-т.з. смесит. типа создается обычно рециркуляц. установкой *местного* или *центрального воздушного отопления*. Иногда воздух для В.-т.з. забирается снаружи и предназначается также для вентиляции помещений, прилегающих к входу. На схеме В.-т.з. смесит. типа внутри показано, что внутри воздух через отверстие в верхней зоне помещения первого этажа и канал попадает в приемную камеру, откуда после нагревания в *калорифере* направляется вентилятором по *воздуховоду* в воздухоотрастательную камеру и из нее через воздуховыпускные решетки выпускается в нижнюю зону (до 1,5 м от пола) тамбура сбоку от входных дверей параллельно полу.

Расход нагретого воздуха с заданной темп-рой определяется из равенства тепловой мощности В.-т.з. необходимым теплотратам на нагревание проникающего наружного воздуха до 12°C для вестибюлей гражданских зданий и производств. помещений с работой средней тяжести, 14°C — для производств. помещений при легкой работе и 8°C — при тяжелой работе. Кол-во проникающего холодного воздуха рассчитывается с учетом *ветрового давления на поверхности здания* в зависимости от темп-ры наружного воздуха, скорости ветра, высоты здания, аэродинамич. особенностей входа и режима его использования. Ограничение кол-ва врывающегося воздуха, а следоват., снижение тепловой мощности В.-т.з. достигается путем конструктивного изменения наружного входа (на 30%) при двойных дверях с тамбуром между ними, в 2 раза — при замене обычного входа тройными дверями, в 7 раз и более — при установке вращающейся (турникетной) двери.

ВОЗДУШНЫЙ БАЛАНС — равенство применительно к отд. помещению или выделенному в нем контрольному объему массовых расходов поступающего и уходящего воздуха.

ВОЗДУШНЫЙ ДУШ — воздушный поток, направляемый на работающего для обеспечения комфортного самочувствия или улучшения условий труда. В.д. применяют для избавления от лишнего перегрева работников, подвергающихся воздействию теплового облучения (кузнецов, горновиков). С этой целью воздух направляют на облучаемые участки тела горизонт. либо наклонными (сверху вниз) струями. В стесненных условиях воздух иногда подают на строго фиксиров. *рабочие места* и вертикал. струями сверху вниз. В.д. используют также для улучшения условий труда на фиксиров. рабочих местах в р-нах с жарким климатом и снижения загазованности на рабочих местах, если невозможно сооружение укрытий технологич. оборудования или местной локализующей вентиляции. Выбор сочетания темп-ры и подвижности воздуха на рабочем месте определяется требованием обеспечения комфортного самочувствия человека (см. *Комфортные условия в помещении*). Нежелательное воздействие на организм повыш. интенсивности теплового облучения или подвижности воздуха может быть устранено соответствующим подбором параметров воздуха "темп-ра — скорость". При интенсивном тепловом облучении целесообразен обдув струей с более низкой темп-рой, чем у окружающего воздуха. С целью уменьшения загазованности рабочего места требуется повыш. по сравнению с помещением темп-ра воздушного потока. Базовые темп-ры воздуха *рабочей зоны* для работы легкой I и средней II категорий тяжести приняты равными $+28$, тяжелой III — $+26^{\circ}\text{C}$. Повыш. скорости воздуха на рабочем месте позволяет применять более высокие темп-ры, что позволяет в теплый период года использовать сравнит. недорогой способ адиабатного охлаждения воздуха.

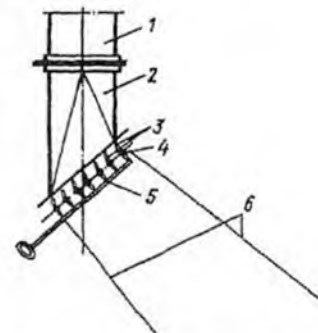


Схема патрубков для душирования наружным воздухом

1 — воздуховод круглого сечения; 2 — переходной патрубок с круглого сечения на квадратное со сходящимися относительно оси воздуховода выходным сечением; 3 — направляющие лопатки; 4 — оси вращения направляющих лопаток; 5 — тяга для изменения угла наклона лопаток и воздушн. потока относительно горизонта; 6 — границы воздушн. потока

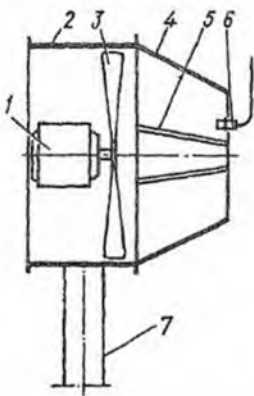


Схема передвижного агрегата для душирования воздуха помещения

1 — электродвигатель; 2 — обечайка; 3 — крыльчатка; 4 — конфузор; 5 — обтекатель; 6 — пневматический форсунки; 7 — станина

В.д. предпочтительнее осуществлять наружным воздухом, обрабатываемым в стационарных системах воздушного душирования. Воздух подается патрубками спец. конструкции, создающими воздушный поток с равномерной скоростью и темп-рой. Патрубок позволяет изменять направление потока в горизонт. и верт. плоскостях, создавая оптим. условия охлаждения облучаемых частей тела человека. Существующие конструкции душирующих патрубков являются разновидностью весьма удачной конструкции этого устройства, предлож. проф. В.В. Батуриным. Патрубок Батурина состоит из скошенного диффузора с переходом от круглого сечения на квадратное. Плоскость выходного отверстия составляет 45° с осью диффузора. Параллельно выходному отверстию расположена регулируемая решетка из направляющих лопаток, позволяющая изменять угол наклона воздушного потока относительно горизонта. В передвижных установках душирующий агрегат обычно выполняют в виде *вентилятора осевого*, установл. на станине. Дальнобойность струи увеличивается конфузуром, поджимающим поток, а охлаждающий эффект — распылением воды в воздушный поток. Испаряясь, капельки воды создают дополнительное адиабатное охлаждение.

ВОЗДУШНЫЙ КЛАПАН КОНВЕКТОРА — поворотный клапан внутри кожуха *отопительного прибора* — конвектора КН-20 (типов "Комфорт" и "Универсал"), предназнач. для изменения кол-ва проходящего через него нагреваемого воздуха при необходимости регулирования теплопдачи в помещении. В.к.к. может поворачиваться вручную и автоматически.

ВОЗДУШНЫЙ КРАН — спец. кран или вентиль ручного или автоматич. действия в системе *водяного или парового отопления*, предназнач. для выпуска (впуска) воздуха в атмосферу. В системе водяного отопления используется ручной бессальниковый В.к. с поворотным игольчатым штоком. Действие автоматич. В.к. основано на свойстве сухого материала пропускать воздух и задерживать его при увлажнении.

ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ЗДАНИЯ — понятие, объединяющее группу процессов, протекающих в помещениях здания, обслуживающих его системах, вблизи здания и связ. с перемещением воздушных масс в замкнутом объеме, движением их через неплотности и отверстия в наружных и внутр. ограждениях, по каналам и *воздуховодам* и обтеканием здания потоком ветра. Гл. особенность В.р.з. — объединение всех помещений и систем здания в единую технологич. систему, позволяющую учитывать при проектировании и эксплуатации *вентиляции* здания сложные взаимосвяз. процессы, определяющие самочувствие человека. Заметный вклад в развитие теории В.р.з. внесли такие ученые, как Г.Н.Абрамович, М.Е.Берлянд, В.Н.Богословский, М.И.Гримитлин, И.Ф.Ливчак, Ю.А.Табунщиков, В.П.Титов. В результате систематизации исследований выделены следующие аспекты проблемы В.р.з.: 1) теоретич. основы — закономерности теплообмена в огранич. объеме, *аэродинамика* стесненных неизотермич. потоков воздуха (внутр. задача В.р.з.), теория разветвл. сетей, теплообмен в ограждениях и аппаратах для обработки воздуха, гидроаэродинамика каналов, узлов и оборудования (краевая задача В.р.з.); *аэродинамика здания* и застройки, основы диффузии примесей в приземном слое атмосферы (внешн. задача В.р.з.); 2) технологич. основы — выбор схемы организации *воздухообмена* в вентилируемом помещении, методы определения требуемых и расчетного воздухообменов, обеспечение заданных параметров воздушной среды в обслуживаемой зоне помещения (внутр. задача В.р.з.); обеспечение устойчивой работы *вентиляционных систем* и устройств, защита помещений от переохлаждения врывающимся через двери и ворота наружным воздухом, организации *перетекания воздуха* между помещениями здания, учет неорганизов. воздухообмена помещений, воздушные завесы (краевая задача В.р.з.); выбор расчетных наружных условий, распределение избыточного давления воздуха на поверхностях ограждений и в здании, прогнозирование загрязнения воздуха вредными выбросами вентиляц. и технологич. систем (внешн. задача В.р.з.); 3) основы управления и оптимизации — оптимизация

воздухораспределения в помещении, управление подачей и удалением воздуха (внутр. задача В.р.з.); оптимизация и управление потокораспределением воздуха в здании, оптимизация технич. решений и режимов работы вентиляц. установок и устройств (краевая задача В.р.з.); оптим. расположение воздухозаборных устройств и рациона. размещение выбросов загрязн. воздуха из здания, управление выбросом (внешн. задача В.р.з.).

Теоретич. разработки В.р.з. широко применяются при проектировании, наладке и эксплуатации вентиляционных систем, *систем кондиционирования воздуха* и *воздушного отопления*. Разработаны методы определения требуемого воздухообмена в помещении с учетом характера и интенсивности потоков вредных выделений и принятой схемы организации воздухообмена. Определены методы расчета и рекомендации по конструктивному решению вентиляц. систем здания (с естеств. и механич. побуждением движения воздуха). Расчет позволяет определить сопротивление на концевых участках вентиляц. систем с учетом заданной сезонной разрегулировки системы. Методы расчета аэрации и инфильтрации воздуха включают комплексный учет факторов, влияющих на В.р.з., использование условного нуля давления и стилизацию эпюр давления воздуха снаружи здания. Решение задачи сведено к решению системы нелинейных ур-ний воздушных балансов всех помещений здания.

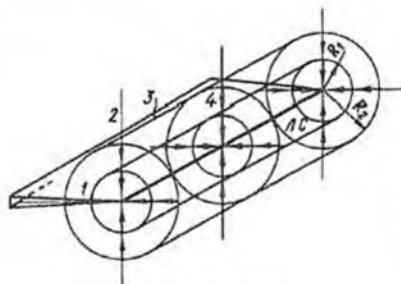
Экологич. аспекты В.р.з. сводятся к прогнозированию загрязнения приземного слоя атм. воздуха газовыми и аэрозольными вредными выбросами из вентиляц. и технологич. систем.

ВРЕДНЫЕ ВЫДЕЛЕНИЯ — потоки *теплоты*, влаги, вредных паров, газов и пыли, поступающие в помещение, ухудшающие сан.-гигиенич. условия в нем. Теплота (избытки теплоты) и влага (влаговыведения) способствуют повышению темп-ры и влажности воздуха в помещении выше допустимого уровня. Предельно допустимая концентрация (ПДК) таких В.в., как пары, газы и пыль, нормируется не только для помещений, но и в воздухе населенных пунктов и территорий, прилегающих к производственным зданиям. В *рабочей зоне* ПДК В.в. (паров, газов, пыли) не должна вызываться при ежедневном вдыхании в пределах 8 ч в течение всего рабочего стажа заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования непосредственно в процессе работы или в отдал. сроки. Среднесуточная ПДК В.в. в воздухе нас. пунктов не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия в условиях неопределенно долгого круглосуточного выды-

хания. Макс. разовая концентрация В.в. в воздухе нас. пунктов не должна вызывать рефлекторных (в т.ч. субсенсорных) реакций в организме человека.

ВРЕМЯ КАПИЛЛЯРНОГО ВСАСЫВАНИЯ — показатель водоотдающих свойств осадков сточных вод, применяемый при определении экспресс-методом рабочих доз флокулянтов для кондиционирования осадка перед механич. обезвоживанием на центрифугах, ленточных фильтр-прессах и т.п. Пробу испытываемого образца осадка помещают в металлический цилиндр диаметром 30 и высотой 30 мм, расположенный на хроматографической фильтров. бумаге. При этом часть влаги осадка под действием гидростатич. давления и капиллярных сил дренирует в фильтров. бумагу. По скорости распространения влажного пространства на бумаге оценивают водоотдающую способность осадка. Время, за к-рое граница распространения влажности на фильтров. бумаге переместится из одной фиксированной точки в другую, является В.к.в.

ВСАСЫВАЮЩИЙ ФАКЕЛ — течение воздуха, возникающее вблизи всасывающих отверстий вытяжной вентиляции и характеризующееся потенц. характером. Размеры зоны активного движения во В.ф. сопоставимы с размерами всасывающего отверстия. В аэродинамике потенц. поля описываются уравнениями Лапласа с соответствующими граничными условиями. В математич. физике эту задачу наз. второй краевой, или задачей Неймана. Аналитич. решение ее при сложных граничных условиях представляет значит. трудности. Для решения инж. задач, цель которых определение скорости воздуха в заданной точке, пользуются зависимостями, получ. из аналитич. решений простейших случаев. Для учета разл. рода усложняющих обстоятельств широко используют принцип суперпозиции. На практике задачи, связ. с Ф.в., решают, используя его модели: точечный и линейный стоки. Точечный сток — точка, к к-рой из окружающего

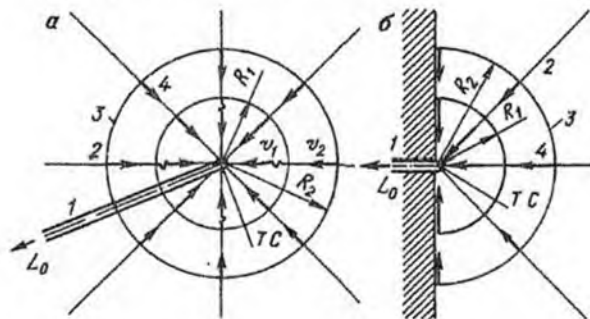


Аксонометрия линейного стока

R_1, R_2 — радиусы цилиндров; l — усл. воздуховод, отводящий воздух; 2 — линии тока; 3 — цилиндрич. поверхности с пост. скоростью воздуха; 4 — векторы скорости воздуха; LC — линейный сток

пространства устремляется воздух.

Эту модель стока используют для расчета скорости движения воздуха вблизи компактных вытяжных отверстий. Для расчета движения воздуха у отверстий вытянутой формы используют линейную модель стока — линейный сток. Это условная линия, к к-рой из окружающего пространства устремляется воздух.



Точечный сток

a — в свободном пространстве; b — в полуограниченном пространстве — полусфере; L_0 — расход всасываемого воздуха; R_1, R_2 — радиусы сфер; 1 — условный воздуховод; 2 — линии тока; 3 — сферы с пост. скоростью воздуха; 4 — векторы скорости воздуха; TC — точечный сток

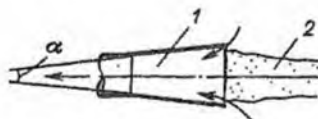
свасывающих отверстий вытяжной вентиляции и характеризующееся потенц. характером. Размеры зоны активного движения во В.ф. сопоставимы с размерами всасывающего отверстия. В аэродинамике потенц. поля описываются уравнениями Лапласа с соответствующими граничными условиями. В математич. физике эту задачу наз. второй краевой, или задачей Неймана. Аналитич. решение ее при сложных граничных условиях представляет значит. трудности. Для решения инж. задач, цель которых определение скорости воздуха в заданной точке, пользуются зависимостями, получ. из аналитич. решений простейших случаев. Для учета разл. рода усложняющих обстоятельств широко используют принцип суперпозиции. На практике задачи, связ. с Ф.в., решают, используя его модели: точечный и линейный стоки. Точечный сток — точка, к к-рой из окружающего

ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, ВЭР — источники энергии, получаемые из побочных продуктов или отходов осн. произ-ва, включающие горючие газы технологич. процессов (нефтезаводские, доменные, попутные нефтедобычи и др.), отработ. пар, а также часть электрич. потерь, получающихся в технологич. процессе, к-рые могут быть повторно использованы для получения энергии (в т.ч. тепловой) за пределами данного процесса. ВЭР по видам энергии подразделяют на горючие, тепловые и избыточного давления. Горючие (топливные) ВЭР — отходы, содержащие хим. связ. энергию отходов технологич. процессов, не используемую или не пригодную для дальнейшего использования в технологич. процессах. Тепловые ВЭР — тепловые отходы, представляющие собой энтальпию отходящих газов технологич. агрегатов и теплоту рабочих тел систем ох-

лаждения технологич. агрегатов и установок, энтальпию горячей воды и пара, отработ. в технологич. установках. К тепловым ВЭР относится также теплоэнергия (пар и горячая вода), попутно получ. в технологич. и энерготехнологич. установках. ВЭР и избыточного давления — потенц. энергия газов, выходящих из технологич. агрегатов с избыточным давлением, к-рое необходимо снизить перед следующей ступенью использования или при выбросе в атмосферу. В зависимости от видов и параметров ВЭР используют по четырем осн. направлениям: топливное — непосредственно в качестве котельно-печного топлива; тепловое — для обеспечения потребности в теплоэнергии за счет энергоносителей; электроэнергетич. — для получения электроэнергии в газовых или паровых конденсат. турбоагрегатах; комбиниров. — для выработки в утилизаци. установках (утилизаци. ТЭЦ) по теплофикац. циклу электро- и теплоэнергии. Направление использования ВЭР зависит от величины, структуры и режима энергопотребления предприятия, от вида, параметров и числа образующихся ВЭР и в каждом конкретном случае должно выбираться на основе разработки оптим. топливно-энергетич. баланса предприятия или пром. узла с учетом обеспечения наибольшей экономич. эффективности. Применительно к теплогенерирующим установкам потенц. источниками ВЭР являются: уходящие продукты сгорания из газового тракта теплогенераторов; горячие шлак и зола при сухой выгрузке их из топки котла; вода системы непрерывной продувки котла; конденсат паровых теплообменников, расположенных в зданиях тепловых станций, и др.

ВЫТЯЖНАЯ ВЕНТИЛЯЦИОННАЯ УСТАНОВКА — комплекс оборудования, предназнач. для удаления из помещения, обработки и выброса в атмосферу загрязн. и нагретого вытяжного воздуха. В.в.у. обычно состоит из вентилятора с электродвигателем (иногда к ним добавляют устройство для очистки или утилизации теплоты удаляемого воздуха) и шумоглушителя. Очистка удаляемого воздуха применяется, если он настолько загрязнен, что выпускать его в атмосферу без предварит. очистки недопустимо. В.в.у. обычно размещают в верхней части здания (на спец. технич. этажах или чердаках) в целях использования естеств. движения нагретого воздуха снизу-вверх. При этом уменьшается протяженность воздуховодов и исключается вероятность перетекания удаляемого загрязн. воздуха в приточную систему.

ВЫТЯЖНАЯ ВОРОНКА — устройство для улавливания потоков воздуха, загрязн. частицами пыли механич. происхождения, имеющих большую кинетич. энер-



Вытяжная воронка
1 — воронка; 2 — пылевоздушный поток

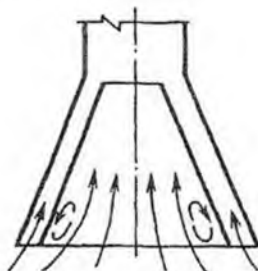
гию. В.в. применяют, если по условиям технологич. процесса невозможно устройство укрытия кожухового. В.в., как и вытяжные зонты, устанавливают соосно пылевоздушному потоку. Они представляют собой усеч. конус или усеч. пирамиду с углом раскрытия $\alpha \leq 60^\circ$. Размеры всасывающего отверстия обычно не превышают 150—200 мм. Полное улавливание пылевоздушного потока обеспечивается благодаря равенству скорости этого потока и скорости во всасывающем отверстии В.в. Размеры всасывающего отверстия выбирают неск. бблших размеров поперечного сечения пылевоздушного потока. Расход воздуха определяется по средней скорости воздуха во всасывающем отверстии и площади всасывающего отверстия.

ВЫТЯЖНОЙ ЗОНТ — разновидность местного отсоса воздуха открытого типа. Применяется для улавливания вредных выделений, вносимых в помещение устойчивыми конвективными воздушными струями.



ми. В.т. располагают над источником вредных выделений на высоте 1800—1900 мм от пола. Между источником этих выделений и В.з. имеется незащит. от воздействия воздушных потоков пространство. Для защиты от них на кромки В.з. навешивают фартуки. Форма В.з. — усеч. конус или пирамида. Равномерное скоростное поле во всасывающем отверстии обеспечивается углом раскрытия зонта $\alpha \leq 60^\circ$ (схема а). У кромки всасывающего отверстия формируется вихрь, способствующий выносу вредных в-в из него в помещение. Для предотвращения выноса вредных в-в по кромке конич. части В.з. предусматривают обечайку высотой 200—300 мм. Наиболее эффективная форма обечайки представлена на схеме б, более технологичная в изготовлении обечайка показана на схемев. Иногда вместо обечайки применяют т.н. активиров. зонт, состоящий из двух конич. частей. Конвективная струя воспринимается внутр. конусом, щель по периметру всасывающего отверстия улавливает вредные в-ва, выносимые вихрем. Для устройства активи-

ров. зонга требуется большой расход металла. Если высота помещения не позволяет разместить один В.з. с необходимым углом раскрытия, то сооружают неск. сомкнутых В.з. меньшего размера. Наибольшая эффективность В.з. при наименьшем расходе удаляемого



Активированный зонт

воздуха достигается, если конфигурация, размеры всасывающего отверстия и скоростное поле в нем равны конфигурации, размерам поперечного сечения и скоростному полю в конвективной струе. Поэтому наименьший объем удаляемого воздуха определяется расходом конвективной струи в плоскости всасывающего отверстия. Обычно приемное отверстие В.з. располагают непосредственно над источником теплоты, конфигурация к-рого соответствует конфигура-

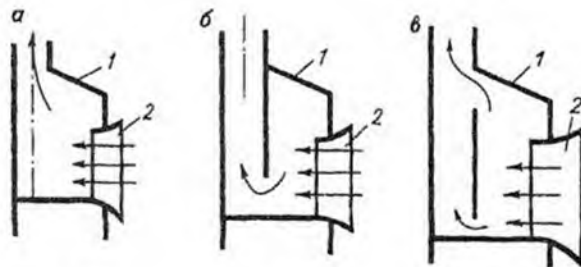


Конструктивная схема вытяжного зонта (а) и конструкции "юбки с кларманом", обеспечивающей размещение в ней вихревой зоны (б), и "юбки обыкновенной" (в)

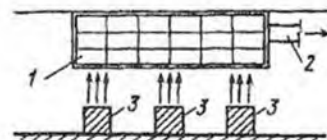
ции приемного отверстия, а размеры к-рого принимают неск. большими размеров теплового и источника в плане.

Вытяжной шкаф

а, б — с верхним и нижним отсосом воздуха; в — с комбиниров. системой воздухоудаления; 1 — стенка; 2 — рабочий проем



Расход воздуха, удаляемого В.з., определяют по ф-ле $L = 3600vF$, где v — средняя скорость движения воздуха в приемном отверстии В.з., м/с (при удалении нетоксичных вредных выделений принимается равной 0,15—0,25 м/с); F — площадь приемного отверстия, м². В.з. обеспечивают надежное улавливание вредных выде-



Шторная завеса
1 — завеса; 2 — вытяжной воздуховод; 3 — источник вредных выделений

лений, если тепловой источник работает в стационарном режиме. В случае залпового выброса (напр., режим работы автоклавов для пропарки бетонных изделий) требуемый расход удаляемого воздуха может быть сведен к миним. благодаря устройству грунтового зонга (шторной завесы). Объемный расход отсасываемого от укрытия воздуха должен обеспечивать полное удаление воспринятых вредных в-в за время между двумя залповыми выбросами.

ВЫТЯЖНОЙ ШКАФ — распространен. тип полукрытого отсоса, локализация вредных выделений в к-ром осуществляется преимущественно непроницаемыми стенками. Конкретные конструкции В.ш. выбирают т.о., чтобы направление движения отсасываемого воздуха в нем совпадало с естеств. направлением движения вредных в-в. Применяют В.ш. с верхним, нижним и комбинированным отсосом. Распространению вредных выделений через рабочий проем препятствует встречный поток воздуха, к-рый должен иметь возможно меньшую скорость, но достаточную для надежной локализации вредных выделений. Если темп-ра воздуха в В.ш. и в помещении одинакова, то скорость воздуха v в рабочем проеме, конструкция стенок к-рого обеспечивает плавный вход в него воздуха, выбирают в зависимости от степени токсичности выделяющихся вредных в-в (в пределах 0,3—2 м/с), а удаля-

емый объем L , м³/ч, воздуха от В.ш. с рабочим проемом площади F , м², определяют по ф-ле $L = 3600vF$. Если темп-ры воздуха в В.ш. и снаружи различны, отсасываемый объем должен быть таким, чтобы плоскость нулевого избыточного давления располагалась выше верхней кромки открытого рабочего проема.



ГАЗОБАЛЛОННАЯ УСТАНОВКА

— установка, состоящая из 1 или нескольких наполн. сжиж. газом баллонов для снабжения газом отд. потребителей. Г.у. имеют регуляторы, снижающие давление паров сжиж. газа до 3—4 КПа, предохран. клапаны, запорные вентили и соединит. трубопроводы. Баллоны вместимостью 0,9—50 л, рассчитанные на рабочее давление 1,6 МПа, изготовляют из стали. Г.у. размещают внутри зданий. По правилам безопасности Г.у. могут находиться в помещениях, в к-рых допускается установка газовых плит. Однобаллонные Г.у. должны отстоять от плиты, радиаторов отопления или печи не менее чем на 1 м. Достоинствами Г.у., расположенными в помещениях, являются их простота и высокая проииз-сть. В любое время года температура баллона около 20°C, благодаря чему происходит интенсивное испарение сжиж. газа. Баллон вместимостью 50 л обеспечивает одноврем. работу 4-конфорочной газовой плиты и емкостного газового аппарата или разоврем. работу той же плиты и газового проточного водонагревателя. Недостатки этих Г.у. — наличие в здании сосудов с горючим в-вом, необходимость переноса и присоединения баллонов.

Располагаемые вне зданий Г.у. состоят из двух баллонов, помещ. в металлич. шкафу, к-рый устанавливают у стены здания, желательнo с сев. стороны. Г.у. применяют также для снабжения многоквартирных домов. При эксплуатации газ отбирают из одного баллона, а второй находится в резерве. В шкафу устанавливают регулятор давления газа на 2 баллона с смонтир. предохранит. клапаном. Регулятор присоединяют к вентилу баллона медными или латунными трубками и цапковыми гайками. Газ к приборам поступает из регулятора по стальным трубам, вводимым в помещение через наружную стену. Наружные газопроводы прокладывают на высоте 2,5 м и более от поверхности земли, при этом они не должны пересекать оконных и дверных проемов и должны быть надежно закреплены. Достоинство установки баллонов вне

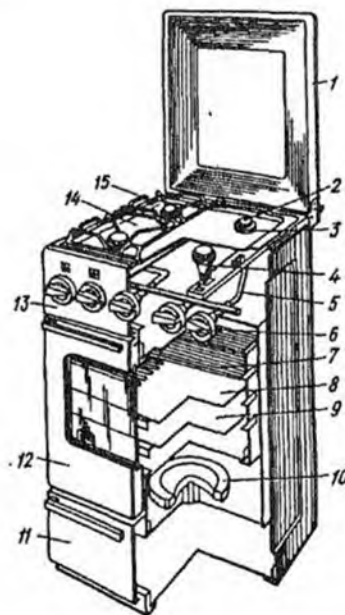
здания — большая безопасность, недостатки — малая интенсивность испарения сжиж. газа в зимнее время и высокая стоимость. В целях экономии металла шкаф можно заменить спец. защитным кожухом, закрывающим вентили баллонов и регулятор давления. Баллон с технич. пропаном вместимостью 50 л при установке вне здания в средней полосе обеспечивает в зимнее время работу одной 4-конфорочной плиты или водонагревателя с тепловой нагрузкой 11,63 кВт.

Групповые Г.у. из неск. баллонов размещают в металлич. шкафу и используют для газоснабжения жилых зданий. Суммарная вместимость баллонов не должна превышать 600 л при расположении их у глухих несгораемых стен и 1000 л — на расстоянии 8—25 м от здания в зависимости от степени его огнестойкости. Каждую групповую Г.у. оборудуют регулятором давления, предохранит. клапаном, манометром и запорной арматурой.

ГАЗОВАЯ ПЛИТА — аппарат, предназначенный для приготовления пищи и горячей воды. В жилых зданиях Г.п. устанавливают в помещениях кухонь высотой не менее 2,2 м, имеющих окно с форточкой, вытяжной вентиляц. канал и естеств. освещение, и не ближе 1 м от противоположной стены. Г.п. устанавливают т.о.,

чтобы обеспечить удобство пользования, в т.ч. возможность подхода к ним не менее чем с двух сторон, а также обслуживания и ремонта. Баллон со сжатым газом должен отстоять от Г.п. на 0,5 м. Объем помещения, где стоит Г.п., должен быть не менее: для Г.п. с двумя горелками — 8, с тремя — 12, с четырьмя — 15 м³; объем естеств. вытяжки — не менее 60 м³/ч. Работают Г.п. на природном газе с номин. давлением 1300 и 2000 Па и на сжиж. газе с номин. давлением 3000 Па. Г.п. классифицируют: по числу горелок — двух-, трех- и четырехгорелочные; по способу установки — напольные, настольные (Н); по способу компоновки с кухонной мебелью — отдельно стоящие, встраиваемые (В), блочно встраиваемые (БВ); по исполнению — оснoвное, повыш. комфортности (К). Г.п. состоит из след. осн. частей: корпуса, рабочего стола с конфорочными горелками, духового шкафа с горелками, газораспред. устройства с кранами. Г.п. повыш. комфортности должна иметь: освещение духового шкафа; горелку повыш. тепловой мощности; одно или неск. сервисных устройств — полуавтоматич. розжиг конфорочных горелок и горелки духового шкафа, жарочная (дополнит. верхняя) горелка духового шкафа, всртел духового шкафа с электрич. или ручным приводом, автоматика контроля горения горелок стола или духовки, терморегулятор духовки; программное устройство; фиксированное положение "малое пламя". Г.п. изготовляют из материалов, устойчивых к тепловым, хим. и механич. воздействиям, а детали, соприкасающиеся с пищевыми продуктами, — из материалов, разрешенных сан.-эпидемиологич. управлением Минздрава. Наружные поверхности и крышку рабочего стола покрывают силикатными эмалями. Высота рабочего стола — 850, глубина — 450 и 600, ширина 500; 520; 600 и 800 мм.

Четырехгорелочные плиты оборудуют одной горелкой повыш. мощности (2,8±0,12 кВт), одной пониж. (0,7±0,06 кВт) и двумя норм. (1,9±0,12 кВт). Межосевое расстояние между конфорочными горелками принимают не менее 230 мм для горелок норм. и повыш. мощности, 210 — норм.; 190 — повыш. и пониж.; 180 мм — норм. и пониж. мощности. Конфорочные горелки устойчиво работают при изменении тепловой мощности 0,2—1,4 ном. значения и при давлениях перед плитой 0,5—1,2 этого значения. Пламя горелок не должно гаснуть при воздействии потока воздуха, движущегося со скоростью до 2 м/с и при давлении газа перед плитой, равном 0,5 ном. значения. Кпд горелок рабочего стола при номин. давлении — не менее 56%. Содержание оксида углерода в продуктах сгорания при работе горелки при



Унифицированная бытовая газовая плита
1 — крышка плиты; 2 — крышка горелки; 3 — насадка горелки стола; 4 — горелка стола; 5 — газопровод; 6 — ручка кранов горелки; 7 — решетка духового шкафа; 8 — противень для выпечки; 9 — жаровня; 10 — горелка духового шкафа; 11 — сушильный шкаф с дверцей; 12 — дверца духового шкафа с термомуказателем; 13 — лицевой щиток плиты; 14 — стол плиты; 15 — решетка стола

номин., макс. и миним. (50% номин.) давлениях — не более 0,05% (по объему) в пересчете на сухие дымовые газы при $\alpha=1$. Бытовые Г.п. оборудуют эжект. горелками частичного предвзвешивания газа с воздухом, низкого давления, атм. типа и отводом продуктов сгорания непосредственно в помещение. Первичный воздух эжектируется газом, вытекающим из сопла горелки, вторичный поступает к пламени из окружающей среды. Эжект. горелки духового шкафа обеспечивают горение газа без прерывания и отрыва пламени при изменении тепловой мощности от 0,3 до 1,4 номин. значения. Тепловая мощность осн. (нижней) горелки духовки на единицу ее объема составляет не более 0,09 кВт/дм³, а жарочной (верхней) — не более 3,5 кВт. Осн. горелка должна обеспечивать нагрев в середине пустой духовки от 165 (при малом пламени горелки) до 290°C (при продолжит. работе). Если теплота сгорания газообразного топлива отличается от расчетной, следует изменять диаметр сопел горелок.

ГАЗОВАЯ СЕТЬ — система трубопроводов, состоящая из участков, соединенных между собой последовательно и параллельно. Г.с. бывает тупиковой, если использовано только последоват. соединение, и тупиковой разветвленной, если из конца одного участка выходят два или более участков. Г.с., состоящая из параллельно включ. участков, представляет собой кольцевую систему. Г.с. может быть представлена как геометрич. фигура — граф, в к-рой участки сети — ребра фигуры, а места соединения участков и присоединения потребителей (узлы сети) — ее вершины. Поскольку число участков и узлов конечно, а узлы соединены участками, Г.с. представляет собой конечный связ. ориентиров. граф. Последовательно соедин. участки (ребра), через к-рые в определ. направлении движется поток газа, наз. путем движения газа. Если нач. и конечные вершины путей совпадают, то они образуют контур (цикл). Кольцевая Г.с. состоит из контуров. Тупиковые разветвл. Г.с. представляют собой "дерево", т.е. от осн. газопровода отходят ответвления ("ветви") в стороны, и концы ответвлений между собой не соединяются. Кольцевую Г.с. можно трансформировать в разветвл. тупиковую путем исключения из каждого контура определ. (замыкающих) участков. Их число равно числу элементарных контуров, т.е. контуров, у к-рых нет внутр. ребер, пересекающих его площадь. Число элементарных колец n (цикломатич. число) связано с числом ребер p и числом вершин m соотношением $n = p - m + 1$. У разветвл. Г.с. газ поступает к узлу потребления по одному направ-

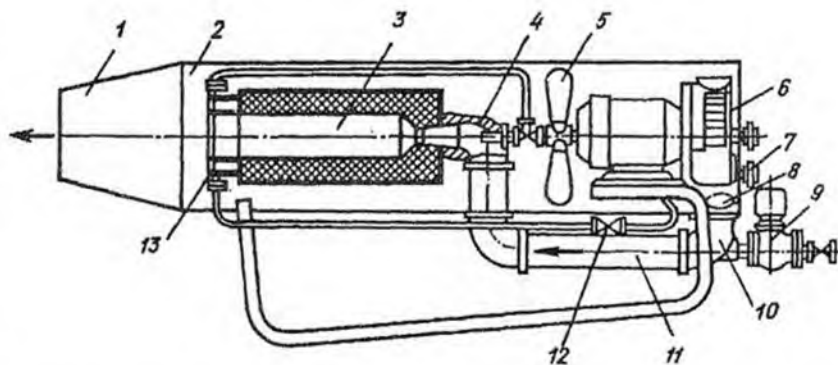
лению. Если у такой сети будет выключен из работы участок, все потребители, присоедин. за ним, не получат газа. Надежность разветвл. Г.с. повышается дублированием участков или кольцеванием. Широко применяется более экономичный последний способ. В распределит. сетях дублируют только отд. участки (напр., по к-рым газ поступает в систему в целом).

Осн. отличие кольцевых Г.с. от разветвл. в том, что они обеспечивают двух- или многостороннее питание потребителей, присоедин. к узлам. Кольцевые Г.с. по сравнению с разветвл. более надежны, т.к. имеют резервирующие элементы — замыкающие участки. Надежность подачи газа потребителям в данном случае выше надежности элементов Г.с., по к-рым газ движется последовательно к узлам потребления. При отказе элемента в расчетном пути возникает путь через резервные элементы. Др. отличие состоит в том, что у разветвл. Г.с. транзитные расходы распределяются по участкам однозначно, а у кольцевой — бесчисл. кол-во распределения потоков. Следовательно, задача расчета кольцевых Г.с. не определена. Учитывая, что их проектируют исключительно для повышения надежности, при распределении транзитных расходов руководствуются принципом взаимозаменяемости соседних участков. В этом случае нагрузку отказавшего участка берет соседний. Третье отличие состоит в

влечет перераспределение расходов по участкам и изменение давления в точке схода потоков.

Г.с. — осн. составляющая гор. системы газоснабжения и в значит. степени определяет надежность, качество и экономичность подачи газа потребителям. Г.с. представляет собой иерархически построенную систему трубопроводов, включающую газопроводы разл. давлений с сооружениями и оборудованием, газорегуляторные станции, АСУ. Автоматич. регуляторы давления и АСУ обеспечивают поддержание требуемых технологич. режимов и качеств. *газоснабжение* потребителей. Г.с. секционируют с помощью задвижек, позволяющих выключать отказавшие элементы для их замены или ремонта. Гор. распределит. сети сооружают кольцевыми, их структурный и транспортный резервы рассчитывают из условий надежности газоснабжения. Сети низкого давления микрорайонов и кварталов проектируют смеш. типа, закольцовывая лишь осн. контуры. На них устанавливают миним. кол-во секционных задвижек, т.к. ремонтные работы производят без выпуска всего газа из трубопроводов, только при снижении его давления с помощью регуляторов давления, установленных на ГРП.

ГАЗОВЫЕ КОНТАКТНЫЕ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛИ — автоматизир. аппараты, сжигающие газ с последующим снижением темп-ры продуктов сго-



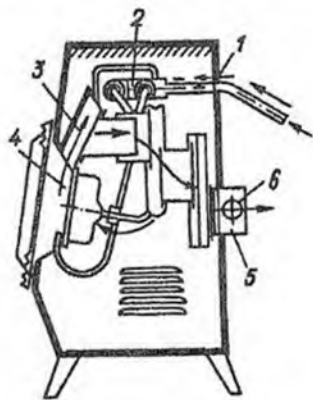
Универсальный воздухоподогреватель типа УТ-130
1 — конфузор; 2, 3 — камеры смешения и сгорания; 4 — форсунок; 5, 6 — осевой и центробежный вентиляторы; 7 — шестеренчатый насос; 8 — дроссельная заслонка; 9 — электромагнитный вентиль; 10 — газовое сопло; 11 — смеситель; 12 — игольчатый вентиль; 13 — испаритель

том, что изменение диаметра к.-л. участка разветвл. Г.с. не влияет на распределение расходов, а приводит лишь к изменению давления в конечной точке сети. Изменение диаметра участка кольцевой Г.с.

равния до требуемого значения путем разбавления их воздухом. Получ. смесь используют для отопления помещений. Иногда в газоснабжении Г.к.в. наз. теплогенераторами. Осн. задача Г.к.в. — обеспечение полного сгорания топлива без образования токсичных и канцерогенных в-в. Достигается это при кинетич. способе сжигания газа в туннелях с оптим. геометр. размерами при коэфф. избытка воздуха, равном 1,4—1,6. Г.к.в. имеют высокий кпд (т.к. отсутствуют потери теплоты с уходящими газами), ма-

лонерционны, не требуют больших капит. затрат, позволяют получить смесь продуктов сгорания с воздухом заданного состава.

Универс. Г.к.в. (УТ-130) работает на природном газе и жидком топливе, оборудован автоматикой безопасности. В агрегате используется смесит. горелка. Воздух нагнетается центробежным вентилятором. В смесителе горелки газ полностью смешивается с воздухом, и подготовл. смесь сгорает в туннеле. Продукты сгорания поступают в камеру смешения, где они смешиваются с воздухом, подаваемым вентилятором осевым для обеспечения темп-ры теплоносителя (смеси), равной 80—100°C. Из конфузора Г.к.в. теплоноситель поступает в отапливаемое помещение.



Газовый камин "Амра"

1 — горелка инфракрасного излучения; 2 — теплообменник; 3 — блок автоматики безопасности; 4 — корпус; 5 — регулятор тяги; 6 — дымоотводящий патрубок

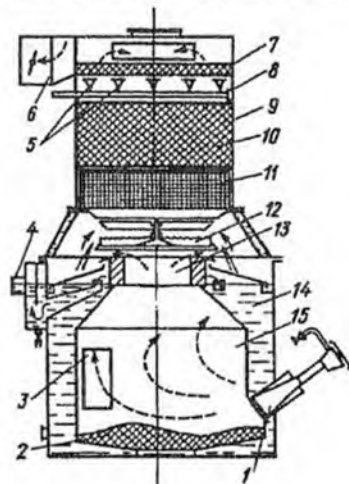
ГАЗОВЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ — аппараты, приспособл. для использования выделяемой при сжигании газа теплоты для различных бытовых нужд — приготовления пищи и горячей воды, поступающей в системы отопления или горячего водоснабжения. Осн. приборами, применяемыми при газоснабжении зданий, являются газовые плиты, газовые проточные водонагреватели, отопительные газовые печи и газовые камины. Осн. показатели Г.п.ж.з.: тепловая мощность, т.е. кол-во хим. теплоты в газе, расходуемой прибором, кВт; мощность, показывающая кол-во полезной теплоты, переданное прибором при сжигании газа нагреваемому телу; КПД прибора, представляющий собой отношение произ-сти прибора к его тепловой мощности. Различают номин. и предельные значения показателей. Номин. наз. мощность, при к-рой прибор работает наиболее эффективно, т.е. обеспечивает наибольшую полноту сгорания газа при наивысшем КПД. В этом режиме работы в конструктивных элементах прибора не должно возникать тепловых перенапряжений, сокращающих срок его службы. Кроме того, приборы характеризуются предельной макс. тепловой мощностью, с к-рой они могут работать без потери устойчивости горения. Обычно макс. режим превышает номин. примерно на 20%. При этой нагрузке горелки работают без отрыва пламени. Пламя должно быть ровным по всей огневой поверхности и не иметь коптящих язычков. Г.п.ж.з. оборудуют эжект. горелками низкого давления атм. типа. Продукты сгорания от водонагревателей и газовых отопит. аппаратов отводят по обособл. дымоходу в окружающую здание среду.

ГАЗОВЫЙ КАМИН — отопительный прибор радиационно-конвективного типа, работающий на природном или сжиж.

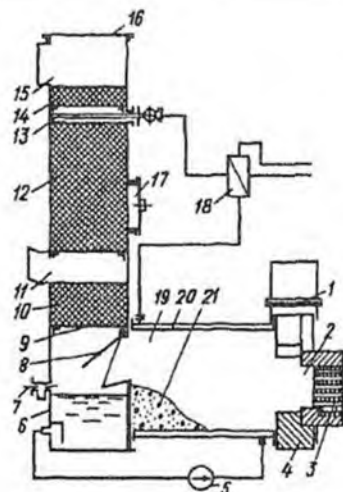
газе и предназнач. для отопления отд. помещений и квартир. Выпускают следующие Г.к.: "Луч" с отводом продуктов сгорания непосредственно через наружную стену, "Амра", камин-радиатор и камин с отводом продуктов сгорания в дымоход. Г.к. устанавливают у внутр. стен помещения. Они обеспечивают поддержание заданной темп-ры в помещениях площадью 20—40 м² и имеют соответственно тепловую мощность 2,3—6,4 кВт. КПД Г.к. — в диапазоне 80—87,5%. Осн. элементами Г.к. являются каркас, защитный кожух, коллектор-теплообменник (калорифер), газовая горелка, автоматика безопасности (электромагнитный клапан), отключающая подачу газа при погасании пламени, и терморегулятор (камин "Луч"), обеспечивающий поддержание заданной темп-ры в помещении. В Г.к. применяют эжект. горелки инфракрасного излучения (ГИИ-3, ГИИВ-1) или экраны из фасонных рамок, на поверхности к-рых сгорает газ.

ГАЗОВЫЙ КОНТАКТНО-ПОВЕРХНОСТНЫЙ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬ — водогрейный котел, обеспечивающий сжигание газа в спец. топке, а нагрев воды — в контактной камере. Стоит из 3. осн. узлов: топки с газогорелочным устройством, контактной камеры и системы удаления продуктов сгорания газа из аппарата. Предназначен для получения горячей воды с темп-рой до 100°C. Осн. назначение топков, к-рые в Г.к.-п.в. разных типов имеют конструктивные отличия, — обеспечить полное сжигание газа при возможно малом коэфф. избытка воздуха. Расчетное тепловое напряжение топочного пространства Q_T равно 1,1—1,7 МВт/м³. В топках устанавливаются эжекционные горелки (типа ИГК, БИГ) или спец. (погру-

женные) горелки, над топками — надтопочный диск для предохранения их от попадания воды. Темп-ра продуктов сгорания на выходе из топки 1200—1500°C. Для более глубокого охлаждения продуктов сгорания над диском размещают контактную камеру, в к-рой обеспечивается противоточное течение нагреваемой воды (вниз) и продуктов сгорания (вверх). Контактные камеры могут иметь разное конструктивное исполнение (см. Газовый контактный теплообменник). В верхней зоне контактной камеры установлен каплеотделитель (каплеуловитель), к-рый исключает вынос капель воды с продуктами сгорания в дымоход. Темп-ра уходящих газов на выходе из контактной камеры колеблется от 30 до 70°C, а нагреваемой воды — от 75 до 80°C. Для удаления продуктов сгорания водонагреватель оборудуют дымовой трубой с вытяжным вентилятором низкого давления. В Г.к.-п.в. используется скрытая теплота конденсации содержащихся в продуктах сгорания водяных паров, к-рые охлаждаются ниже темп-ры точки росы при данном парциальном давлении водяных паров. В результате этого эксплуат. КПД Г.к.-п.в. достигает 95—96%, считая по высшей теплоте сгорания газа. Безнакипный режим работы может осуществляться при нагреве воды с карбонатной жесткостью до 2,5 мг-экв/л до темп-ры 97—99°C. С увеличением карбонатной жесткости безнакипный режим может быть достигнут только при снижении темп-ры нагрева воды (так, при жесткости 5,8—6 мг-экв/л она не должна превышать 60—65°C). КПД Г.к.-п.в. не зависит от колебаний тепловой



Газовый контактно-поверхностный водонагреватель ФНКВ-1 с модернизированной камерой 1 — горелка; 2 — засыпка; 3 — взрывной клапан; 4 — сливная труба; 5 — форсуника; 6 — газоход; 7 — каплеуловитель; 8 — коллектор; 9 — контактная камера; 10 — насадка из колец Раунга; 11 — насадка из стружки; 12 — надтопочный диск; 13 — горловины; 14 — водяная рубашка; 15 — топка



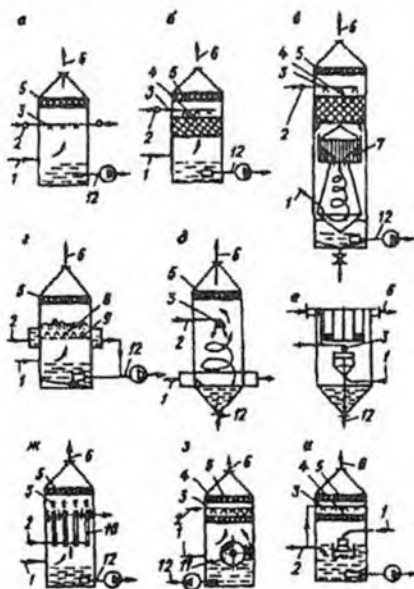
Газовый контактно-поверхностный водонагреватель КЛГВ-1

1 — взрывной клапан; 2 — туннель; 3 — горелка; 4 — вставка; 5 — насос; 6 — водосборник; 7 — переливная труба; 8 — клапан; 9 — опорная решетка; 10, 12 — секции контактной камеры; 11 — патрубок отходящих газов; 13 — водораспределитель; 14 — каплеуловитель; 15 — корпус; 16 — съемная крышка; 17 — люк; 18 — теплообменник; 19 — топка; 20 — водяная рубашка; 21 — горка из кирпича

нагрузки, а зависит только от темп-ры питат. воды (при изменении темп-ры воды, подаваемой в Г.к.-п.в., от 32 до 70°C кпд соответственно изменяется от 94 до 75%, считая по высшей теплоте сгорания). Внутри Г.к.-п.в. происходит разрыв гидравлич. контура системы, в к-рой он работает, поэтому в них не создается давление выше атм. и требуется установка сборного бака для воды. Уд. металлоемкость Г.к.-п.в. — 0,3—0,4 кг/1000 кДж, что в 3—4 раза меньше, чем отопит. котлов (типа ДКВР, "Энергия-6", "Универсал-6" и др.). В топке и в контактной камере обязательно предусматривают взрывоопасность. клапаны, поэтому Г.к.-п.в. можно отнести к взрывоопасным в эксплуатации. Эти аппараты имеют малую инерционность в работе: после розжига горелки выходят на расчетный режим через 10—15 мин. Наиболее распространен. аппарат ФНКВ-1 тепловой мощностью 1,14 МВт состоит из 3 узлов: топки с водяной рубашкой и надтопочным диском и контактной камеры. Для сжигания газа в Г.к.-п.в. предусмотрены 3 горелки ИГК, а сам процесс горения происходит на поверхности битого шамотного (огнеупорного) кирпича, находящегося на дне топки. Особенности эксплуатации Г.к.-п.в.: необходимость удаления пост. выделяющегося из продуктов сгорания конденсата из циркуляц. контура контактной воды; необходимость пост. отвода из нижних точек газового тракта и дымовой трубы конденсата водяных паров; необходимость

использования теплоты, выделяющейся с открытой поверхности воды с темп-рой 98°C, к-рая собирается в спец. баках; выполнение доплит. мер, предупреждающих вскипание горячей воды на всасывающих трубопроводах насосов, сопровождаемое кавитацией. Г.к.-п.в. типа В1 теплопроиз-стью 1,15 МВт работает по принципу аппарата ФНКВ-1М, но отличается от него тем, что в топке для сжигания газа используются блочные беспламенные горелки типа ГБП.

ГАЗОВЫЙ КОНТАКТНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК — утилизатор теплоты, предназнач. для работы с теплоносителями газ-жидкость, в к-ром теплообмен осуществляется при соприкосновении греющей и нагреваемой сред. В качестве греющей среды используют охлаждающие дымовые газы (продукты сгорания) от котлов, печей и др. оборудования, в к-ром сжигается газообразное топливо и жидкое котельное топливо. Г.к.т. применяют для приготовления подпиточной воды тепловых сетей и питат. воды котлов, для производств. и горячего водоснабжения, для нагрева воздуха в системах воздушного отопления и системе кондиционирования воздуха, а также для отопления теплиц. Поверхностью теплообмена в



Конструкции газового контактного теплообменника

а — форсуночные; б — насадочные; в — насадочно-конвективные; г — пенные; д — циклонные; е — вихревые; ж — пленочно-конвективные; з — насадочно-дисконные; и — насадочно-эрлифтные; 1 — вход продуктов сгорания; 2 — подача воды; 3 — оросительные трубы; 4 — насадка; 5 — каплеуловитель; 6 — выход охлажденных продуктов сгорания; 7 — трубный пучок; 8 — стабилизатор пены; 9 — тарелка; 10 — панели; 11 — диски; 12 — выход нагретой воды

Г.к.т. служит поверхность пленки, капель и струй воды. Между средами происходит массообмен: конденсация водяного пара, содержащегося в продуктах сгорания, или испарение части подаваемой воды, растворение газов в воде. Гл. преимущество контактного теплообмена — возможность конденсации водяных паров из продуктов сгорания и использования выделяющейся при этом теплоты для нагрева воды. В процессе адиабатич. испарения вода в Г.к.т. может быть нагрета до определенной темп-ры, к-рая наз. температурой мокрого термометра t_m и зависит от нач. темп-ры продуктов сгорания t_r , разности влагосодержаний насыщ. водяного пара над пленкой воды d_m и продуктов сгорания, входящих в контактную камеру. Темп-ра $t_m = 80-75^\circ\text{C}$ для Г.к.т., устанавливаемых после пром. агрегатов, при $t_r = 500^\circ\text{C}$ и давлении продуктов сгорания близком к атм.; $t_m = 65-70^\circ\text{C}$ для Г.к.т., устанавливаемых после пром. агрегатов, при $t_r = 350-300^\circ\text{C}$ и $t_m = 50-60^\circ\text{C}$ при $t_r = 140-120^\circ\text{C}$.

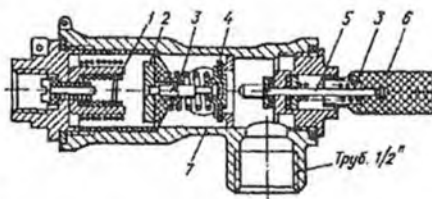
Устройство Г.к.т. зависит от конструкции агрегата, за к-рым он установлен, и дымовой трубы, а также схемы дымоходов. Осн. часть Г.к.т. — контактная камера, к-рая имеет большую поверхность контакта уходящих продуктов сгорания и воды и как следствие высокую интенсивность теплообмена в единице объема при определ. аэродинамич. сопротивлении. По конструктивному исполнению Г.к.т. могут быть: форсуночные, насадочно-конвективные, пенные, циклонные, вихревые, пленочно-конвективные, насадочно-дисконные, насадочно-эрлифтные. Возможна и комбинация этих схем. В системах утилизации широко распространены самые простые по конструкции форсуночные Г.к.т. В зависимости от направления движения продуктов сгорания в них различают горизонт. и вертикал. форсуночные утилизаторы. Вода, подаваемая из форсунок под давлением $(1,5-3,0) \cdot 10^5$ Па, образует факелы, имеющие разл. угол распыления в зависимости от давления разбрызгиваемой воды, диаметра выходного отверстия и конструкции форсунок, к-рые бывают тонкого, среднего и грубого распыления. Форсуночные камеры обладают миним. гидравлич. сопротивлением по тракту продуктов сгорания (оно не превышает 160—220 Па). Простые в конструктивном отношении и дешевые в изготовлении контактные камеры насадочного типа представляют собой цилиндр, в основании к-рого укреплен диск; на последнюю засыпают полые цилиндры (керамич. или стальные). Сверху насадки монтируют водораспределит. устройство и влагоуловитель. Насадочные Г.к.т. типа ЭК-Б обеспечивают эффективную работу после поверхностных экономайзеров, установл.

за котлоагрегатами типа ДКВР, работающими на газовом топливе.

Наиболее эффективными Г.к.т. являются пленочно-конвективные и вихревые. Для получения больших кол-в с темп-рой 40—60°C, к-рая затем используется в технологич. целях, применяют камеры эрлифтного типа. Контактные теплообменники с активной насадкой (КТАН) представляют собой Г.к.т. пленочно-конвективного типа с прямооточным движением продуктов сгорания газа и распыливаемой ("контактной") воды. Через верхний патрубок в КТАН поступают продукты сгорания газа, к-рые передают теплоту распыливаемой ("контактной") воде. Продукты сгорания и "контактная" вода движутся вниз прямооточно, омывают эмсевичевый трубчатый теплообменник. Вода собирается в поддоне, а охлажд. продукты сгорания удаляются через патрубок, располож. в нижней части КТАН. Холодная водопроводная вода поступает в эмсевичевый теплообменник снизу, а нагретая отводится через верхний патрубок, обеспечивая противоточное движение смеси продуктов сгорания с "контактной" водой и водопроводной воды. Из поддона "контактная" вода направляется в ороситель. В модернизированном варианте КТАН между оросителем и эмсевичевым теплообменником установлен контактный нагреватель предварит. подогрева распыливаемой воды. КТАН имеет преимущества перед насадочными теплообменниками: благодаря прямооточной схеме движения газов и "контактной" воды исключена возможность "захлебывания", сняты ограничения на скорость газов; интенсифицированы теплообменные процессы и уменьшены габариты; отсутствует контакт водопроводной воды с продуктами сгорания и "контактной" водой.

В Г.к.т. при контакте продуктов сгорания с водой происходит растворение в ней части газов, входящих в состав продуктов сгорания. Кроме того, имеется опасность растворения в воде канцерогенных в-в, в частности бенз(а)пирена. Поэтому горячую воду, получ. в Г.к.т., целесообразно использовать в системах, где она непосредственно не контактирует с человеком. К ним относятся: низкотемп-рные системы теплоснабжения и воздушного отопления, системы подготовки питат. воды в котельных и электростанциях, а также промыш. системы для утилизации теплоты отходящих от газоиспользующих агрегатов газов.

ГАЗОВЫЙ ПРОТОЧНЫЙ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬ — аппарат, предназнач. для получения горячей воды для местной системы горячего водоснабжения сразу после пуска в него холодной воды. Г.п.в. унифици. серии ВПГ работают на природном и сжиж. газах, имеют номин. тепло-



Электромагнитный клапан
1 — сердечник электромагнита; 2 — якорь; 3 — пружины; 4 — клапан; 5 — шток; 6 — кнопка; 7 — корпус

вую мощность осн. горелки 21—29 кВт, КПД не менее 82% и обязат. отвод продуктов сгорания, в к-рых содержится оксид углерода (не более 0,05% при коэфф. избытка воздуха равном 1). Норм. давление газа 2—3, воды — 150 кПа. Г.п.в. состоит из подводящего газопровода, трубопроводов холодной и горячей воды, газового блокировочного крана, осн. и запальной горелок, теплообменного аппарата, автоматики безопасности газовых приборов с датчиками, тягопрерывателя и корпуса. Г.п.в. навешивают на крюки в помещениях кухни с многоточечным водоразбором. Поквартирные Г.п.в. (в т.ч. малометражные отопит. котлы) устанавливают в жилых зданиях высотой до пяти этажей. Объем помещения должен быть не менее 7,5 м³ для водонагревателя проточного типа и 6 м³ — для водонагревателя емкостного типа. Газовые малометражные котлы или емкостные Г.п.в. устанавливают в нежилых помещениях объемом не менее 7,5 м³, при установке их на кухне объем помещения должен быть на 6 м³ больше объема, необходимого для установки газовых плит. В одном помещении допускается установка не более двух емкостных водонагревателей или малометражных отопительных котлов. Помещения, где устанавливают Г.п.в., должны иметь вентиляц. канал. Для притока воздуха в нижней части двери или стены, выходящей в смежное помещение, предусматривают решетку или зазор между дверью и полом с живым сечением не менее 0,02 м². Устанавливать Г.п.в. на несгораемых стенах следует с зазором 20, на трудносгораемых (деревянных оштукатуренных) — 30 мм. Стену, к к-рой крепят Г.п.в., обшивают кровельной сталью по асбесту толщиной 3 мм, выступающей за габариты корпуса прибора на 100 мм. Навешивание Г.п.в. на дерев. неоштукатур. стенах не допускается. Темп-ра помещения, в к-ром устанавливают аппарат, должна быть не ниже 5°C.

Установка малогабаритных котлов, емкостных Г.п.в. типа АГВ и аппаратов с водяным контуром типа АОГВ возможна только у несгораемых стен на расстоянии

от них не менее 150, а от противоположной стены — не менее 1000 мм. Перед их топками необходим проход шириной не менее 1 м. Дерев. пол при установке на нем аппаратов должен быть покрыт изоляцией — листом кровельной стали по листу асбеста толщиной 3 мм, выступающим за габариты корпуса на 100 мм.

Принцип работы Г.п.в. следующий. Газ по подводящему газопроводу поступает в электромагнитный клапан (ЭМК), к-рый открывается вручную нажатием кнопки. Питание ЭМК обеспечивает хромель-копелевая терморпара, находящаяся в зоне пламени запальной горелки. При нагреве терморпары возникает термоэдс (до 25 мВ), к-рая поступает на обмотку сердечника электромагнита, удерживающего связь с якорем клапан в открытом положении. При погасании пламени ЭМК под действием пружины возвращается в исходное положение и прерывает доступ газа к горелкам. Для блокировки тяги используется тот же ЭМК. При норм. тяге в дымоходе и работе запальной горелки электромагнит удерживает клапан в открытом положении. В качестве датчика тяги используют биметаллич. датчик. В случае прекращения тяги он нагревается, открывает клапан сброса газа из трубопровода запальной горелки. Горелка гаснет, терморпара охлаждается, и ЭМК перекрывает доступ газа к аппарату. При открытии ЭМК вручную газ движется на блокировочный газовый кран водогазорелочного блока. При повороте ручки крана слева направо до первого фиксиров. положения газ подается в запальную горелку. При норм. тяге в дымоходе и работе запальной горелки ЭМК автоматически открывает доступ газа к осн. горелке, к-рая включается во втором фиксиров. положении ручки крана при наличии протока воды через водогазорелочный блок.

Теплообменник с огневой камерой водонагревателя содержит медный кожух, к поверхности к-рого припаян один виток медного эмсевича, переходящего в калорифер, состоящий из одного ряда ребренного эмсевича с тремя горизонт. участками. Осн. часть теплоты (около 80%) передается калориферу. Ниже описовой камеры установлены осн. и запальная горелки. Пламя эжект. запальной горелки имеет горизонт. направление, что значительно повышает эффективность одноврем. розжига осн. горелки по всей ее площади. Эта горелка атм. типа с повыш. эжект. способностью предназначена для сжигания природных и сжиж. углеводородных газов с коэфф. первичного воздуха ≈ 0,6, имеет две эжект. трубки (смесители), к-рые подсоединены к общей смесит. камере (распределит. коллектору). Газ в каждую эжект. трубку подается через три сопла. Такая конст-

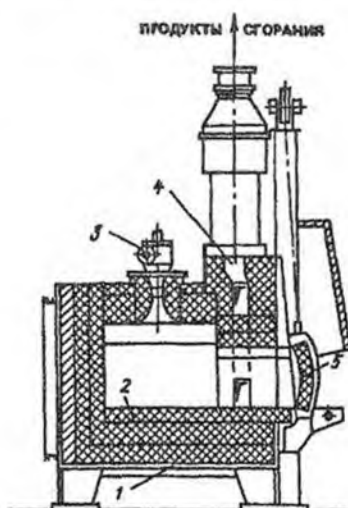
рукция позволяет сократить линейные размеры эжекц. смесителя. Из распределит. коллектора газозадушная смесь поступает в головку горелки, состоящую из 13 трубок со щелевыми отверстиями, располож. в два ряда в шахматном порядке вдоль оси каждой трубки. Щели для выхода газозадушной смеси образованы путем вырезов в стальных штампов. пластинах. Устойчивость горения в отношении отрыва пламени достигается за счет малых скоростей выхода смеси и взаимного поджигающего действия факелов, а в отношении его проскока — сечением щелей, ширина к-рых 1,2 мм, обеспечивающих докритический режим истечения газозадушной смеси.

ГАЗОГОРЕЛОЧНОЕ УСТРОЙСТВО — см. Горелка газовая.

ГАЗОГОРЕЛОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧЕЙ — горелка, обеспечивающая оптим. тепловой, темп-рный и аэродинамич. режимы при проведении технологич. процесса и уменьшение выбросов вредных в-в в атмосферу. При выборе газогорелочных устройств для разл. печей и нагреват. установок следует учитывать специфич. особенности этих агрегатов. Тип и конструкция печи определяют систему ее отопления. Так, садочные печи (камерные со стационарным или выкатным поддоном), применяемые в большом кол-ве, предпочтительно отапливать одной мощной газовой горелкой с широкими пределами регулирования. В печах проходного и протяжного типа целесообразна установка многочисл. горелок небольшой мощности с узкими пределами регулирования. При выборе Г.у.п.п., в к-рых проводятся разные операции при разл. темп-рах, применяют группы горелок, отключающихся автоматически, или горелок с широким диапазоном регулирования расхода воздуха.

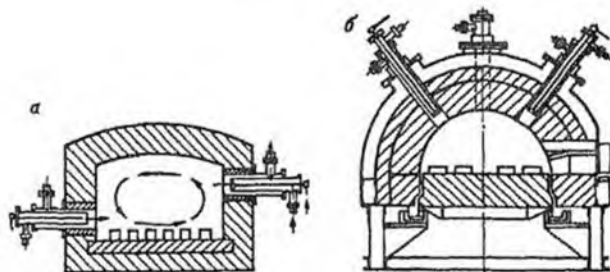
Горелки эжекционные не применяют при давлении (разрежении) в топке более 10 Па или при нестабильных значениях этого параметра; при диапазоне регулирования нагрузок нагрева более 1:3; при установке рекуператора и при колебаниях состава топливного газа. Дутьевые горелки стабильно работают в широком диапазоне изменения нагрузок, имеют малые габариты при большой мощности. Их применяют во всех случаях, когда не рекомендуется или запрещено использование эжекционных.

В камерных печах, применяемых для нагрева черных металлов от 850 до 1500 и цветных от 500 до 950°C, а также для термич. обработки металла и изделий, где газообразное топливо сжигается в спец. топке, располож. под подом или непосредственно в рабочем пространстве печи, широко применяют горелки плоскопламенные. Обычно их уста-



Печь нагревательная камерная со сводовым отоплением
1 — каркас; 2 — под печи; 3 — плоскопламенная горелка ГПП; 4 — отвод продуктов сгорания; 5 — загрузочное окно

Печи безокислительного скоростного нагрева камерная (а) и с тарельчатым подом (б)



навливают в своде печи, к-рый превращается в высокотемп-рный излучатель. При сводовом нагреве сокращаются расход топлива на 25—30% и время термообработки заготовок примерно в 2 раза. При скоростном конвективном нагреве снижаются обезуглероживание и окисление металла, увеличивается скорость нагрева, значительно повышается произ-сть печей. При этом методе печи оборудуют горелками газовой рекуперативными со скоростью выхода продуктов сгорания 150 м/с. На камерной печи установлены четыре горелки, на печи с тарельчатым подом — три. Печи могут работать в окислит. ($\alpha = 1$), малоокислит. ($\alpha = 0,75$) и безокислит. ($\alpha = 0,5$) режимах.

В наиболее совершен. нагреват. устройствах — туннельных печах, предназначен. для обжига формов. керамич. изделий (огнеупорного и стронт. кирпича, облицовочных плиток и пр.), газовые горелки, как правило, располагают в зоне обжига, на боковых стенах или на своде. Газооб-

разное топливо в туннельных печах сжигается непосредственно в обжигат. канале, поэтому горелки должны иметь сравнительно короткий факел (из-за отсутствия пространства для его развития), широкий диапазон регулирования соотношения газ—воздух (для создания в зоне обжига участков с восстановит. и окислит. атмосферой), большую скорость выхода продуктов сгорания (для улучшения циркуляции в объеме канала с целью выравнивания темп-ры по сечению печи). Темп-ра в печи для большинства легкоплавких глин не превышает 1000, а темп-ра факела — 1350—1400°C. При боковом отоплении применяют дутьевые горелки типа ГНП с наконечником А (см. Горелка газовая турбулентного смешения). В туннельных печах используют горелки с широким диапазоном регулирования соотношения газ—воздух (типа ПИВС и СВП), в ряде случаев — горелки газомазутные, обеспечивающие при необходимости быстрый переход с газового топлива на мазут и обратно. Достоинство таких горелок в том, что восстановит. среда в рабочем пространстве печи достаточно просто создает-

ся подачей пара в мазутный канал — при работе на газе и, наоборот, в газовый канал — при работе на мазуте. Рекомендуется применять горелки ГМГм, ГГВ, ГМП. Для обжига огнеупорных (шамотных, динасовых) изделий и абразивов используют крупногабаритные туннельные печи, в к-рых процесс протекает при темп-ре в печном канале до 1650°C. В таких печах применяют горелки с регулируемой хар-кой факела. В печах с кипящим слоем, используемых для обжига кусковых и сыпучих материалов при темп-ре до 850°C, газ сжигается в выносных топках дутьевыми горелками типа ГНП, ГДУВ, ГГВ и др. При темп-ре более 850°C предварительно подтопвл. газозадушная смесь подается через газораспределит. устройство в разогретый до 800°C и выше кипящий слой, где происходит ее сгорание. Для разогрева кипящего слоя используют дутьевые газовые и газомазутные горелки таких же типов, как и в выносных топках. Их устанавливают в печи

выше уровня кипящего слоя.

В барабанных сушилках, сушилках с кипящим слоем применяют дутьевые газы (ГНП, ГДУВ и др.), газомазутные (ГТВ, ГМГМ и др.) или эжект. (БИГ) горелки. Их устанавливают в выносных топках, где образовавшиеся продукты сгорания разбавляются воздухом до темп-ры смеси, к-рая подается в сушило. В агрегатах радиац. инфракрасной сушки покрытий и изделий (керамич. плитки, фарфорофарнясовые изделия, бумага, картон, древесина и др.) используются горелки инфракрасного излучения разной конструкции (см. *Горелка инфракрасного излучения*).

Во вращающихся печах, используемых для обжига сырьевой муки или *шлама* (необходимых для получения цементного клинкера), а также гипса, мела, известняка, доломита, магнезита и др. материалов, применяют газогорелочные устройства, позволяющие изменять хар-ки факела (длину, светимость, угол раскрытия и величину макс. темп-ры). Распространение получили диффуз. (однопроводные) газовые горелки со скоростью истечения газа 250—400 м/с и с регулируемым факелом.

ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ — база снабжения сжиж. углеводородными газами. На Г.с. осуществляются прием сжиж. газа с газобензиновых заводов, переливание его в резервуары-хранилища, наполнение баллонов и автоцистерн. В баллонах газ доставляется непосредственно потребителям, в автоцистернах — к резервуарным установкам зданий, пром. и с.-х. потребителей, на автозаправочные станции. На Г.с. имеются следующие отделения и цехи: сливная эстакада с ж.-д. веткой; хранилище из стальных резервуаров; насосно-компрессорный и испарит. цехи для слива сжиж. газа из ж.-д. цистерн и подачи его для наполнения баллонов и автоцистерн; цех для наполнения баллонов и слива из них неиспарившихся тяжелых остатков; колонки для наполнения автоцистерн; коммуникации жидкой и паровой фаз, связывающие все отделения Г.с. и обеспечивающие перемещение потоков жидкости и пара. Г.с. располагают вне черты нас. пункта с подветр. стороны на установл. расстояниях от зданий, сооружений, ж.-д. и автомобильных дорог. По периметру территория Г.с. должна иметь ограду из негорючих материалов и быть разделена ею на две зоны: рабочую, включающую гл. эстакаду, хранилище, насосно-компрессорный, испарит. и наполнит. цехи, колонки для наполнения автоцистерн; вспомогат. с административно-хозяйств. помещениями, гаражом, водонапорной башней и резервуаром для хранения противопожарного запаса воды. Мощ-

ность Г.с. зависит от потребности в сжиж. газе обслуживаемой зоны.

В Г.с. предусмотрено раздельное хранение технич. пропана и смеси с повыш. содержанием бутана. Коммуникации Г.с. обеспечивают одновр. слив сжиж. газа из ж.-д. цистерн с разл. процентным содержанием пропана и бутана. Г.с. оборудуют наземными резервуарами, к-рые устанавливают на фундаменте из негорючего материала с уклоном 0,002—0,003 в сторону сливного патрубка. Резервуары оборудуют предохранит. и измерит. устройствами. Два предохранит. клапана с помощью трехходового крана сбрасывают газ в случае превышения давления в резервуаре на 15% выше рабочего. На резервуарах устанавливают указатели уровня жидкости, дренажные незамерзающие клапаны, манометры. Газы от предохранит. клапанов отводят через продувочные свечи. Хранилище состоит из групп надземных резервуаров, каждая из к-рых по периметру обнесена земляным валом. Высоту вала принимают такой, чтобы объем пространства, огранич. им, был не менее 85% полного объема, заключ. внутри резервуаров; в этом случае предотвращается растекание жидкости при повреждении резервуаров.

Сжиж. газ на Г.с. транспортируют с газобензиновых заводов в ж.-д. цистернах, конструкция к-рых предусматривает верхний налив и слив сжиж. газа. К фланцу цистерны прикреплены две сливно-наливные трубы, доходящие до самого низа цистерны. Под концами труб в цистерне имеется приямок. В середине фланца установлена труба для отбора или подачи паров сжиж. газа. Все трубы имеют угловые вентили и скоростные клапаны. Последние при резком увеличении скорости движения среды через них закрываются и предотвращают выливание сжиж. газа из цистерны. Из цистерн жидкость переливают в хранилище. Для перелива используют насосно-компрессорный спос. При сливе цистерны паровую трубу с помощью спец. резиноканевого шланга эстакады слива соединяют с паровой линией Г.с., а жидкостные трубы цистерны — с жидкофазными линиями Г.с. На фланце цистерны установлены предохранит. клапан и два крана, контролирующих правильность заполнения цистерны. Цистерны для перевозки сжиж. газа должны обладать высокой прочностью, чтобы выдержать давление паров легкокипящих углеводородов при макс. темп-ре окружающего воздуха. Чем больше содержится в смеси легкокипящих компонентов, тем более высокое давление поддерживается в резервуаре. С увеличением содержания бутана требуемое давление становится ниже. В резервуарах сжиж. углеводороды находятся в насыщ. состоянии, поэтому давление в них

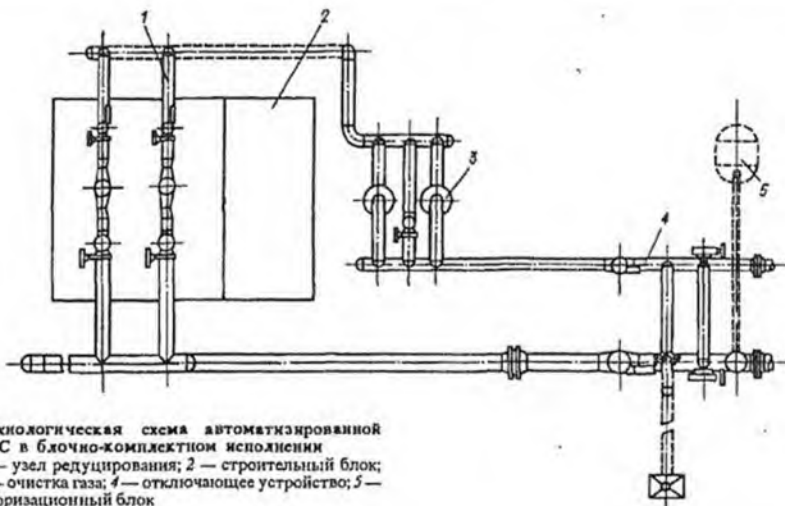
зависит от состава сжиж. газа и темп-ры. При транспортировании пропана ж.-д. цистерны рассчитывают на рабочее давление 2, а при перевозке бутана — 0,8 МПа.

Перемещение сжиж. газа — сложный термодинамич. процесс. Перемещается среда, находящаяся в двухфазном состоянии. В хранилищах и цистернах имеется физ. раздел между жидкой и паровой фазами. Жидкость находится внизу, а паровая фаза — сверху. Двухфазная система пост. состава, находящаяся в термодинамич. равновесии, обладает определ. давлением. Изменить его можно путем изменения параметров смеси, ее состава и темп-ры или термодинамич. равновесия на поверхности жидкости. Перемещение жидкости из резервуара в резервуар происходит не из-за напора, создаваемого компрессором, а из-за разности давлений, возникающей в двух резервуарах в их паровых объемах над поверхностью в результате нарушения термодинамич. равновесия между поверхностным слоем и всем объемом. В опорожняемом резервуаре возникает локальное избыточное давление, к-рое связано с локальным термодинамич. равновесием между парами жидкости и ее тонким верхним слоем. Компрессоры при сливе ж.-д. цистерн отсасывают пары пропан-бутана из наполняемой емкости и нагнетают их в ж.-д. цистерны, создавая в них избыточное давление 0,2—0,3 МПа, что обеспечивает устойчивый процесс переливания сжиж. газа. Для этого на Г.с. устанавливают три компрессора: два рабочих и один резервный. Рабочие компрессоры имеют трубопроводные коммуникации, рассчит. на разные продукты: технич. пропан и смесь технич. пропана с бутаном. На всасывающей линии компрессоров устанавливают конденсаторы-борники, на нагнетательной — обратный клапан и маслоотделитель. В зимних условиях для большей эффективности повышения темп-ры в поверхностном слое жидкости ж.-д. цистерны и повышения в ней давления применяют испарители сжиж. газа.

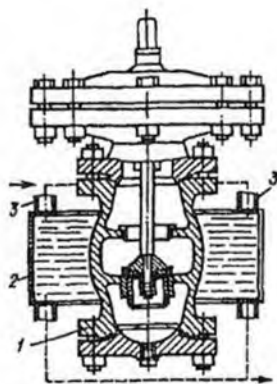
ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО — смесь горючих (углеводороды, оксид углерода, водород) и негорючих (азот, оксид (II) углерода и кислород) газов с нек-рым кол-вом примесей. Негорючие компоненты — балласт Г.т. К примесям относятся водяные пары, сероводород, пыль. В состав искусств. газов могут входить аммиак, цианистые соединения, смола и др. компоненты. Г.т. очищают от вредных примесей, содержание к-рых в газе, используемом для газоснабжения городов, лимитируется (см. *Обработка природного газа*). Отклонение *теплоты сгорания* от номин. значения не должно превышать

5%. Для газоснабжения городов применяют осушаемое Г.т. Наличие влаги не должно превышать кол-ва, насыщающего газ при темп-ре -20°C зимой и 35°C летом. Г.т. осушают перед подачей его в магистр. газопроводы. Искусств. газы, как правило, имеют резкий запах, что облегчает обнаружение его утечки из трубопроводов и арматуры. Природный газ, добываемый из недр, запаха не имеет. До подачи в газопроводящую сеть его одорируют, т.е. придают резкий и неприятный запах, к-рый хорошо ощущается при концентрации его в воздухе, равной 1%. Сжиж. Г.т., используемое коммунально-бытовыми потребителями, не должно иметь сероводорода более 5 г на 100 м^3 газа, и его запах должен обнаруживаться при концентрации в воздухе 0,5%. Концентрация кислорода в Г.т. не может превышать 1%. Для газоснабжения городов используют природные газы, представляющие собой смесь предельных углеводородов, в к-рых отсутствуют водород, оксид углерода и кислород. Содержание азота и диоксида углерода невысокое. Газы нек-рых месторождений не лишены сероводорода. Природные газы подразделяют на 3 группы: добываемые из чисто газовых месторождений, состоящие в осн. из метана и малосодержащие тяжелые углеводороды (от пропана и выше); выделяющиеся из скважин при добыче нефти (попутные), имеющие помимо метана значит. кол-во тяжелых углеводородов (пропан, бутан, вплоть до газового бензина); добываемые из конденсатных месторождений, представляющие собой смесь газа и конденсата, к-рый выпадает при снижении давления (обратная конденсация). Конденсат — смесь тяжелых углеводородов, содержащих C_2 и выше. Низшая теплота сгорания газов первой группы (они легче воздуха) 31—38 МДж/м³.

ГАЗОРЕГУЛЯТОРНАЯ СТАНЦИЯ (ГРС) — сооружение, обеспечивающее подачу газа нас. пунктам, пром. и с.-х. предприятиям от магистр. газопровода. ГРС включает след. осн. узлы: переключения, очистки газа, предотвращения гидратообразований, редуцирования высокого давления газа, измерения расхода газа, одоризации газа. ГРС к магистр. газопроводу подключают через узел переключения, состоящий из входного и выходного газопроводов, обводных линий, соединяющих входные и выходные газопроводы и оснащ. запорной арматурой, предохранит. клапанами, изолирующими фланцами, свечами для стравливания газа на газопроводе высокого давления. Каждая свободная линия имеет два последовательно располож. запорных устройства. Узел редуцирования давления газа в зависимости от пропускной способности ГРС состоит из двух, трех и более линий



Технологическая схема автоматизированной ГРС в блочно-комплектном исполнении
1 — узел редуцирования; 2 — строительный блок;
3 — очистка газа; 4 — отключающее устройство; 5 — одоризационный блок

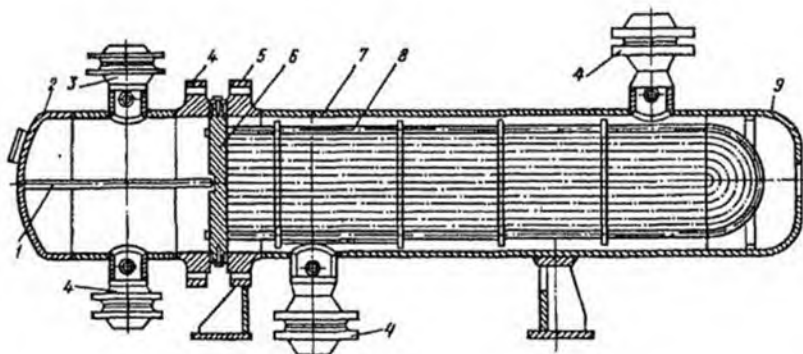


Регулятор давления РД с рубашкой*
1 — корпус; 2 — рубашка; 3 — трубы системы отопления

редуцирования, часть из к-рых является резервной. Каждая линия редуцирования рассчитана на одну и ту же пропускную способность и оснащена регулируемыми дроссельными органами и отключающими запорными устройствами. Узел

редуцирования должен обеспечивать автоматич. регулирование давления газа регуляторами. Узел измерения расхода газа, предназначен. для учета отпускаемого газа потребителям, снабжен самопишущими расходомерами в комплекте с сужающими устройствами. Для измерения давления и темп-ры газа установлены манометры и термометры. Узел переключения оснащен средствами контроля — манометрами на входном и выходном трубопроводах. На входном трубопроводе, кроме того, устанавливают термометр. На каждом выходном трубопроводе должно быть не менее двух пружинных предохранит. клапанов. Для ревизии и ремонта их без прекращения подачи газа перед ними устанавливают трехходные краны, обеспечив. одноврем. включение в работу обоих клапанов и отключение на случай ремонта одного из них. Узел очистки газа на ГРС предусмотрен для предотвращения

Подогреватель газа
1 — перегородка; 2 — днище; 3 — фланец; 4 — штуцер; 5 — фланец; 6 — решетка; 7 — труба; 8 — U-образные трубы; 9 — днище



ремонта одного из них. Узел очистки газа на ГРС предусмотрен для предотвращения попадания механич. примесей и жидкостей в технологич. и газорегуляторное оборудование и средства контроля и автоматики.

Участки газопроводов, к-рые могут быть отключены запорными устройствами, должны иметь продувные штуцеры с вентилями. Продувочные линии объединяют коллектором с подключением к свече, располож. вне помещения.

С целью предотвращения образования гидратов при редуцировании на ГРС производят подогрев газа, для чего используют местный водяной обогрев корпусов регуляторов давления или общий подогрев газа в спец. водяных теплообменниках, устанавливаемых перед узлами редуцирования газа. Местный подогрев предусматривает обогрев регулятора давления, корпус к-рого заключают в рубашку, изготовл. из листовой стали. К рубашке подводят трубы системы отопления. Для сокращения теплопотерь в окружающую среду трубы и рубашку покрывают теплоизоляцией. Благодаря обогреву корпуса регулятора темп-ра его стенок становится выше темп-ры точки росы водяных паров, поэтому гидраты не образуются. Наиболее простым и надежным способом борьбы с гидратообразованием и обмерзанием является общий подогрев газа. Газ подогревают на входе в регулирующий узел в кожухотрубных подогревателях. В качестве теплоносителя применяют воду, подогреваемую в котлах. Подогреватели состоят из корпуса, трубного пучка и распределит. камеры. Подогреватель к газопроводу присоединяют с помощью штуцеров. Теплообменной поверхностью подогревателя служат пучок U-образных труб и трубная решетка. Распределит. камера состоит из фланца, дна и продольной перегородки, обеспечивающей двухходовое движение воды в трубном пространстве. ГРС имеет входное давление до 5,5, выходное 0,25—2,5 МПа. На ГРС газ из выходного газопровода поступает в узел переключения и далее идет в узел очистки; после очистки направляется по коллектору к линии редуцирования, откуда поступает на узел замера; после узла замера и узла переключения идет в газопровод потребителя. Наиболее широко применяют автоматизир. ГРС в блочно-комплексном исполнении пропускной способностью 10—150 тыс. м³/ч. В состав ГРС входят блоки: отключающих устройств в комплекте с узлом измерения расхода газа и сбросной свечой, очистки в комплекте с входной ниткой,

редуцирования, строительный и одоризационный.

ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫЕ ПУНКТЫ (ГРП) И ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫЕ УСТАНОВКИ (ГРУ) — сооружения, предназначен. для снижения входного давления газа до заданного уровня и поддержания его на выходе постоянным. В них газ очищается от механич. примесей, контролируются входное и выходное давления, темп-ра газа и учитывается его расход. Для предотвращения возможного повышения или понижения давления газа перед потребителями пункты оборудуют предохранит. устройствами. ГРП и ГРУ оснащают практически одним и тем же оборудованием. Они отличаются один от др. расположением: ГРП в зависимости от назначения размещают в отдельно стоящих обществ. зданиях и пристройках к ним, на негорящем покрытии пром. здания, в шкафах на негорящей стене снаружи газифицируемого жилого здания, на отдельно стоящей опоре или бетонном фундаменте; ГРУ монтируют в помещениях, где расположены агрегаты, использующие газовое топливо.

ГРП в зависимости от давления на входе подразделяют на ГРП среднего (более 0,005—0,3 МПа) и высокого (более 0,3—1,2 МПа) давления. Отдельно стоящие ГРП в пас. пунктах размещают в зоне зеленых насаждений, внутри жилых кварталов, при этом расстояние от них до зданий и сооружений должно быть не менее указанных в таблице.

Максимально допустимые расстояния от отдельно стоящих ГРП до зданий и сооружений

Давление газа на входе в ГРП, МПа	Расстояние (по горизонтали), м, до			
	зданий и сооружений	железнодорожных и трамвайных путей (до ближайшего рельса)	автомобильных дорог (до обочины)	воздушной линии электропередачи
До 0,6	10	10	5	Не менее 1,5 высоты опоры
Более 0,6	15	15	8	То же

Отключающие устройства ГРП, размещаемых в пристройках к зданиям и в шкафах, допускается устанавливать на расстоянии менее 5 м от наружных подземных газопроводов. Для обеспечения норм. работы регулирующего оборудования и контрольно-измерит. приборов в зимнее время внутри помещения ГРП необходимо поддерживать положит. темп-ру (не менее 5°C). Отопления ГРП может быть водяным или паровым как от централ. источников теплоты, так и от индивид. отопит. установок. При устройстве в ГРП местной отопит. установки ее

следует размещать в изолироп. помещении, имеющем самостоят. выход и отделенном от технологич. помещения глухой газонепроницаемой и противопожарной стеной с пределом огнестойкости не менее 2,5 ч. Все помещения ГРП оборудуют постоянно действующей вентиляцией, обеспечивающей не менее чем 3-кратный воздухообмен в 1 ч.

На технологич. линии ГРП (ГРУ) оборудование располагают в такой последовательности по ходу газа: запорное устройство — фильтр — предохранит. запорный клапан — регулятор давления — запорное устройство. Кроме того, каждый ГРП (ГРУ) должен иметь предохранит. сбросное устройство, подключ. к выходному газопроводу. Число технологич. линий в зависимости от расхода газа и режима его потребления различно, обычно соответствует 1—5. Если в ГРП (ГРУ) только одна технологич. линия, то на время ее ревизии или ремонта оборудования для бесперебойного снабжения потребителей газом предусматривают обводной газопровод (байпас) с двумя последовательно располож. запорными устройствами.

ГРП могут быть одно- и двухступенчатыми. В одноступенчатых входное давление газа редуцируется до выходного в одном регуляторе. В двухступенчатых технологич. линию оборудуют двумя последовательно установл. регуляторами, в первом из к-рых входное давление редуцируется до заданного промежуточного, во втором — до выходного давления.

При этом регулятор давления первой ступени комплектуется с фильтром и предохранит. запорным клапаном, регулятор второй ступени фильтра может не иметь. Одноступенчатые схемы применяют при разности между входным и выходным давлениями до 0,6 МПа, при большем перепаде предпочтительнее двухступенчатые. Для измерения перепада давления на фильтре устанавливают показывающий и самопишущий дифманометры.

В случае необходимости подачи газа двум разл. потребителям, использующим газ одинакового или разного давления, в

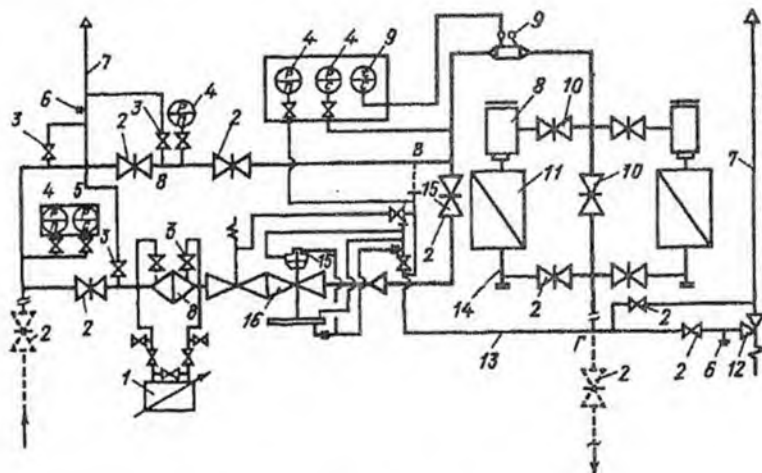


Схема с регулятором РДУК-2 и измерением расхода газа ротационным счетчиком
1 — дифманометр; 2 — запорные устройства; 3 — хранилища; 4 — манометры; 5 — самопишущий манометр; 6 — штуцеры; 7 — сбросный трубопровод; 8 — фильтры; 9 — термометры; 10 — задвижки; 11 — счетчики; 12 — предохранительное сбросное устройство; 13 — импульсный трубопровод; 14 — коллено; 15 — пилот; 16 — регулятор давления

ГРП могут быть две или более технологич. линий. В таком ГРП предусматривают один ввод, от которого питаются все технологич. линии, и два вывода — каждый к своему потребителю. В зависимости от расчетного расхода и давления газа для каждого потребителя, в ГРП предусматривают одну (с байпасом) или две (с регуляторами) технологич. линии.

В зависимости от назначения ГРП и ГРУ могут учитывать (в пром. системе газоснабжения) или не учитывать (в бытовом газоснабжении) расход газа. Показывающий манометр устанавливается на байпасе между двумя запорными устройствами.

Одноступенчатый ГРП (ГРУ) имеет одну технологич. линию с учетом расхода газа двумя ротационными счетчиками и оборудован регулятором давления РДУК-2.

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ — прием газа в местах добычи, его обработка, транспортирование, распределение по трубопроводам и подача потребителям. Все это выполняет система Г., к-рая в нашей стране построена на базе природного газа. Газовые промыслы, включая скважины и их обустройство, представляют самостоятельную систему, тесно связанную с системой Г. Последнюю обычно разделяют на две части: газотранспортную и распределит. Газотранспортная, объединен. в единую газоснабжающую систему, включает магистр. газопроводы, компрессорные станции, переключающую арматуру, под-

земные хранилища, систему управления и эксплуатации; распределит. — развитую сеть газопроводов гор. и пром. систем Г., газорегуляторные станции (ГРС), газорегуляторные пункты (ГРП) и газорегуляторные установки (ГРУ), газопроводы объектов, системы автоматич. регулирования и безопасности сжигания газа, автоматизированную систему управления технологическими процессами газоснабжения и эксплуатации. Отличит. черта Г. по сравнению с др. системами топливоснабжения — невозможность длит. хранения газа, т.е. его нельзя добывать впрок. Это связано с весьма малой плотностью газа, что вызывает необходимость сооружения для его хранения огромных емкостей. Даже подземные хранилища можно использовать лишь для покрытия сезонной неравномерности потребления газа. Отсутствие хранилищ на пути потоков газа от промыслов к потребителям обуславливает жесткую связь между режимами добычи газа и его использования. Такая же жесткая связь устанавливается между темпами освоения месторождения газа и пуском объектов, потребляющих газ. Газ потребляется объектами неравномерно, поэтому неравномерно должна осуществляться и подача газа потребителям. Проблема соответствия подачи и потребления газа — одна из осн. в Г. Для решения ее используют подземные хранилища, потребители-регуляторы с двойным топливоснабжением, аккумулирующую емкость магистр. газопроводов, совместная работа к-рых автоматич. управляется в целях удовлетворения графика потребления газа. Для обеспечения надежного Г. системы имеют резервы службы эксплуатации и аварийные службы.

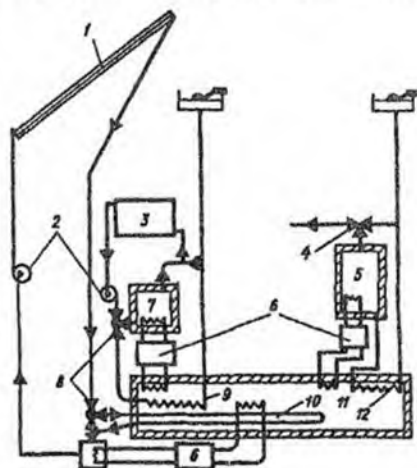
ГАЗОХОД — канал, образов. отд. элементами поверхностей нагрева парово-

го или водогрейного котла либо огнеупорными стенками и служащий для направления газообразных продуктов сгорания вдоль поверхности нагрева или их удаления в атмосферу. Г. для отвода газов из разл. топочных устройств и печей в дымовую трубу наз. иногда дымоходом (см. Дымообороты печи), или боровом.

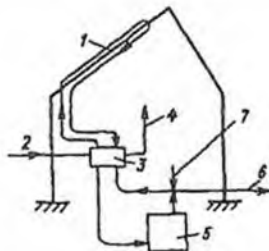
ГАЗЫ (франц. gaz, греч. chaos — хаос) — одно из агрегатных состояний в-ва, при к-ром кинетич. энергия теплового движения его частиц (молекул, атомов, ионов) значит. превосходит потенц. энергию взаимодействий между ними, в связи с чем частицы движутся свободно, равномерно заполняя в отсутствии внешн. полей весь предоставл. им объем.

ГАРНИТУРА КОТЛОАГРЕГАТА (франц. garniture, от garnir — снабжать, снаряжать) — устройства для обслуживания котлоагрегата: лазы для очистки газоходов, гляделки для наблюдений за работой котла, лючки для установки контрольно-измерит. и обдувочных приборов, шиберы, а также детали, на к-рые опираются элементы котлоагрегата.

ГЕЛИОУСТАНОВКА — устройство, улавливающее солнечную энергию и преобразующее ее в др., удобные для практич. использования виды энергии. Различают пассивное и активное использование солнечной энергии. Пассивное — возведение зданий, имеющих такие конструктивно-планировочные решения, при к-рых солнечная энергия воспринимается



Принципиальная схема теплоснабжения здания с использованием солнечной энергии
1 — гелиоприемник (гелиотеплогенератор); 2 — насос; 3 — отопительные радиаторы; 4 — смесители; 5 — промежуточный бак системы горячего водоснабжения; 6 — тепловые насосы; 7 — промежуточный бак системы отопления; 8 — трехходовые клапаны; 9, 10, 12 — теплообменники соответственно системы отопления, первого контура и системы горячего водоснабжения; 11 — водяной бак-аккумулятор



Принципиальная схема воздушного солнечного отопления здания

1 — гелиоприемник; 2 — вход холодного воздуха; 3 — блок отопления с вентилятором; 4 — подача нагретого воздуха в дом; 5 — тепловой аккумулятор; 6 — выход воздуха; 7 — рециркуляционный поток охлажденного воздуха

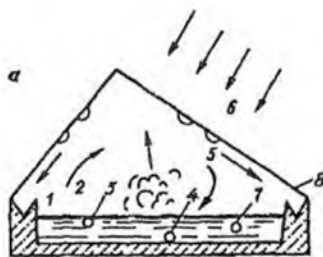
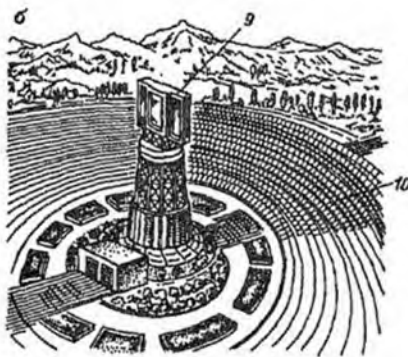


Схема солнечного опреснителя (а) и парогенератора (б)

1 — замкнутый объем; 2 — циркулирующая паровоздушная смесь; 3, 4 — трубки для слива избыточной воды и рассола; 5 — сток дистиллята; 6 — прямая солнечная радиация; 7 — трубка для заливки соленой воды; 8 — светопрозрачная кровля; 9 — котел; 10 — парогенератор

и аккумулируется самими строит. конструкциями (стенами, полами, перекрытием здания). Активное предусматривает наличие систем, в к-рых солнечная энергия нагревает теплоноситель, направляемый далее для обогрева помещений или горячего водоснабжения. При пассивном использовании солнечной энергии наряду с комплексом конструктивно-планировочных решений используют простейшую Г., получившую название "солнечной стены" (см. Пассивная система солнечного отопления). В системах активного использования солнечной энергии применяют низкотемп-рные (без концентрации солнечной энергии) и высокотемп-рные Г. с различными гелиоконцентраторами. Низкотемп-рные Г. — застекленные наклонные поверхности значит. площади называют плоскими солнечными коллекторами. Полученная в них теплота переносится теплоносителем (жидкостью или

воздухом) в зону непосредств. использования или аккумуляирования. Основная функция солнечного коллектора — передача лучистой энергии Солнца теплоносителю. Такие коллекторы используют в системах теплоснабжения, отопления и опреснения. В зависимости от вида теплоносителя применяют жидкостные или воздушные коллекторы. Наиболее распространена конструкция типа "горячий ящик", основным элементом к-рой является теплоприемник. Удвоение размеров коллектора не всегда приводит к двукратному увеличению кол-ва полезно поглощенной теплоты. Кол-во энергии, полученное поверхностью, будет наибольшим, если она обращена строго на юг. Практически



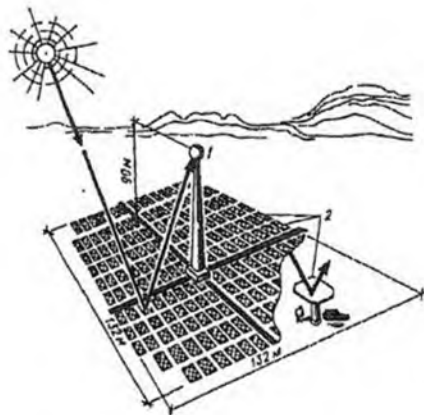
коллекторы устанавливают с отклонением $15-20^\circ$ от оптим. ориентации, и это значит. уменьшает его произ-сть. Для круглогодич. макс. облученности угол, равный широте местности, является оптимальным. При использовании коллектора преимущественно летом макс. плотность радиации будет при угле наклона, равном широте местности, минус 15° , а зимой — при угле наклона на 15° больше широты местности.

В соврем. коллекторах применяют теплоприемники для жидкостных систем трех конструктивных типов: волнистый лист с открытой поверхностью, по к-рой течет жидкость; использующие принцип "труба в листе", в к-рых каналы отформованы в теле теплоприемника; устраиваемые наложением труб на пластину лицевой или тыльной стороны по отношению к солнцу. Плоские коллекторы воздушного типа, в к-рых в качестве теплоносителя используют воздух, применяют для теплоснабжения зданий и отопления помещений всех типов, особенно в случаях, когда не предусматривается или предусматривается в незначит. степени охлаждение или подогрев воды для бытовых нужд. Воздушные системы обходятся дешевле, т.к. требуют меньше трубопроводов и деталей. Они свободны от сложностей жидкостных систем: проблемы

возможного замерзания жидкости в коллекторе; необходимости учета ее расширения при нагреве в системе, включая возможность паробразования; течи системы и коррозии металлич. поверхностей. Применение селективных покрытий коллекторов воздушного типа при прочих равных условиях повышает эффективность его работы на $50-65\%$ при низких рабочих темп-рах и на $15-35\%$ при повыш. темп-рах.

"Солнечные элементы" — гибкие сворачиваемые в рулон полотноиды толщиной 6 мм, состоят из двух профилиров. слоев спец. пластмассы черного цвета. Между слоями образуются плоские каналы, по к-рым протекает вода. Такими полотноиды покрывают крыши зданий или газоны вблизи них. Для улавливания и аккумуляирования солнечной энергии получили распространение "солнечные водоемы", представляющие собой мелкие бассейны с темным дном. В них часть солнечного излучения поглощается водой, а часть, прошедшая сквозь воду, — темным дном. Энергия, отраженная от него, частично поглощается водой на обратном пути. В таких водоемах вода сильнее всего нагревается в нижнем слое, откуда она поднимается на поверхность, вызывая конвективные токи. Тепловые потери возрастают, т.к. самым теплым оказывается верхний слой воды. При использовании солевого раствора более нагретый слой жидкости находится около дна, т.к. в нем содержится больше соли. При глубине водоема 1 м и площади 25×25 м темп-ра его дна достигает 93°C .

Плоский коллектор наиболее применим при использовании солнечной энергии для отопления, горячего водоснабжения и охлаждения зданий. Однако при необходимости получения более высоких темп-р оптимальны высокотемп-рные солнечные коллекторы. При этом в качестве концентраторов энергии солнечного излучения применяют зеркала различной формы и линзы, однако последние из-за высокой стоимости не нашли широкого применения. Модифициров. солнечный коллектор с отражающей пирамид. оптич. системой позволяет достичь концентрации, в 2—4 раза превышающей обычную плотность солнечной радиации. Удорожание стоимости такого коллектора компенсируется более высокой темп-рой теплоносителя без уменьшения кпд коллектора. Концентрирующий коллектор др. типа состоит из параболич. желобов, концентрирующих солнечный свет на сравнит. небольшой части поверхности теплоприемника. Одна из наиболее распространенных конструкций фокусирующей солнечной панели состоит из отд. стекл. трубок длиной около 1 м и диаметром 7 см. В нее вложены две трубки, в к-рых циркулирует жидкость. Солнечная



Принципиальная схема концентрации солнечного излучения в геотермальнике
1 — геотермальник; 2 — гелиостаты

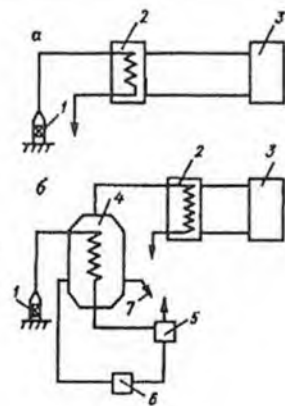
энергия отражается внутр. зеркальной стороной большой трубы и концентрируется в двух черных трубах. При увеличении плотности солнечной радиации не только повышается КПД, но и уменьшается площадь поверхности теплоприемника, что особенно важно в случае, когда он выполнен из дорогостоящих фотоэлементов, предназначенных для прямого преобразования солнечной энергии в электрическую. Применение в качестве концентратора энергии солнечного излучения параболическая позволяет получить темп-ру 250—650°C при КПД 60—75%. Параболический цилиндр создает среднюю степень концентрации солнечного излучения с диапазоном рабочих темп-р 150—400°C и КПД 50—70%. Простейший концентратор в виде плоской пластины позволяет получить темп-ру 60—140°C при КПД 30—50%. Преимущества концентрирующих устройств не только в возможности получения более высокой темп-ры, но и в сборе теплоты с меньшими теплотерями. Недостаток таких устройств в том, что в них используется только прямая солнечная радиация без диффузной составляющей. Темп-ру 200—500°C можно получить даже при слабой концентрации солнечной радиации, а фокусирующие коллекторы с высокой ее концентрацией позволяют получить темп-ру до 5000°C. Концентрирующие коллекторы должны находиться под постоянным контролем, т.к. они очень чувствительны к различным загрязнениям, что снижает их оптические качества.

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ВОДА — природная подземная вода, имеющая повышенную температуру вследствие восприятия теплоты разогретых водовме-

щающих горных пород. Принято относить к Г.в. воду при темп-ре 20°C и выше (по Б.Ф. Марвицкому). Темп-ра Г.в. зависит от глубины ее залегания и геотермич. градиента теплового поля Земли в данном р-не, характеризующего среднее возрастание темп-ры горных пород на 100 м глубины. Г.в. условно подразделяют на слаботерм. (до 40°C); термальную (41—60°C); высокотерм. (61—100°C); перегретую (100°C). Темп-ра Г.в. оценивается на устье скважины при расчетном дебите (расходе) геотерм. теплоносителя. Когда *тепловодозабор* состоит из неск. скважин, темп-ра Г.в. вычисляется как средневзвеш. величина, т.е. как отношение суммы произведений устьевых темп-р на расчетные дебиты к сумме этих дебитов. Для целей *теплоснабжения*, как правило, используется высокотерм. и терм. вода, если ее можно отнести к геотермальной теплоэнергетической воде, т.е. воде, содержащей глубинную теплоту земных недр в кол-ве, позволяющем использовать ее экономически эффективно с учетом заданного режима эксплуатации, и при качестве, удовлетворяющем требованиям ее целевого использования. Месторождением такой воды считается часть гидрогеологич. водоносной системы, в пределах к-рой имеются благоприятные условия для отбора геотерм. воды в достаточном кол-ве. Для добычи Г.в. производится бурение *геотермальных скважин*. Г.в. используется как первичный теплоноситель для теплоснабжения зданий и сооружений разл. назначения, а также для технологич. нужд предприятий. Запасы месторождения Г.в. зависят от гидрогеологич. и геотермич. условий и определяются в процессе геолого-разведочных работ.

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ СКВАЖИНА — скважина, пробуренная в грунте до водоносного пласта для получения *геотермальной воды* (эксплуатация скважины) или для *обратной закачки геотермальной воды* (нагнет. скважина).

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ УСТАНОВКА — совокупность устройств и механизмов, использующих теплоту земных недр для произ-ва тепловой энергии в виде водяного пара, горячей воды или подогретого воздуха. При темп-рах 100—150°C и слабой минерализации возможно использование геотерм. воды в *системе теплоснабжения*. При более высоких темп-рах, повыш. минерализации и корроз. активности применяют двухконтурную схему Г.у. с сетевым *теплообменным аппаратом* — кожухотрубчатый или пластинчатый. Материал теплообменников выбирают с учетом хим. состава терм. воды. В кожухотрубчатых Г.у. терм.



Схемы геотермальных установок
а — двухконтурная; б — с промежуточной очисткой геотермальной воды; 1 — источник геотермальной энергии (воды или пара); 2 — сетевой теплообменник; 3 — потребитель теплоты; 4 — парогенератор; 5 — сепаратор; 6 — насос; 7 — сброс воды из парогенератора

воду пропускают через трубки, а вторичный теплоноситель — через межтрубное пространство. Преимущество использования пластинчатых теплообменников в Г.у. — простота удаления накипи с теплообменных поверхностей. При использовании высокоминерализов. и рассольных *геотермальных вод* применяют схему Г.у. с промежуточной очисткой. В этой схеме геотерм. пар или пароводяная смесь под давлением из скважины направляется в теплообменник парогенератора и конденсируется; образовавшаяся вода поступает в сепаратор, где из нее выделяются минер. в-ва; очищ. вода насосом вводится в испарит. зону парогенератора. Образовавшийся пар с темп-рой 120—150°C направляется в сетевой теплообменник, передавая теплоту сетевой воде, поступающей к потребителю. В южн. р-нах теплоту геотерм. источников используют для выработки холода в абсорбц. *холодильных установках* (напр., бромисто-литиевых) и др. При необходимости повышения темп-ры геотерм. теплоносителя используют *теплоснабственные установки*. Возможны также схемы, использующие терм. энергию Земли в результате нагрева воды или воздуха, закачиваемых в ее недра, до высокой темп-ры с последующим их извлечением для использования.

ГЕОТЕРМАЛЬНОЕ ОТОПЛЕНИЕ — *водяное отопление* с использованием *геотермальной воды*. При этом вследствие относительно низкой темп-ры возвращаемого *теплоносителя* *отопительные приборы* имеют размеры больше, чем приборы в традиц. системах

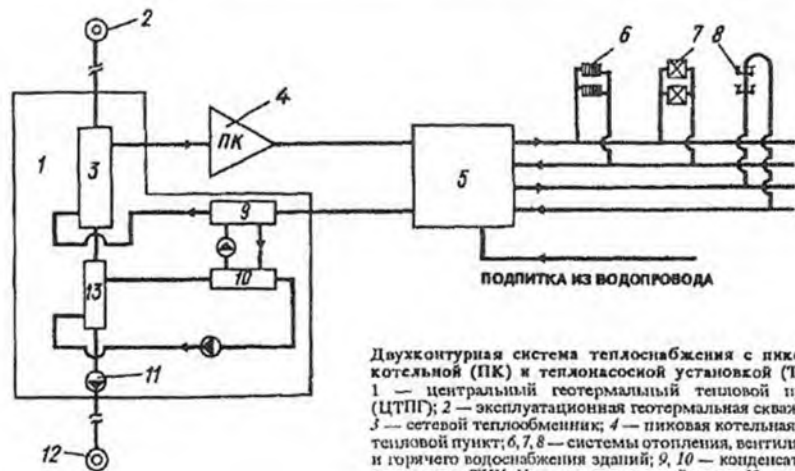
водяного отопления. Для оценки глубины срабатывания теплового потенциала теплоносителя определяют коэфф. срабатывания, характеризующий использование его в отопит. приборах системы Г.о. и представляющий собой отношение расчетной разности темп-ры воды в системе отопления к теоретически возможному понижению темп-ры теплоносителя, по ф-ле $K_{ср} = (t_r - t_o) / (t_r - t_b)$, где t_r, t_o, t_b — темп-ра соответственно нагретой и охлажд. воды в системе отопления, воздуха в здании. Темп-рный напор для отопит. приборов в Г.о. при глубоком срабатывании теплового потенциала характеризуется пониж. значениями по сравнению с его величиной в традиц. системах водяного отопления; при $K_{ср} \geq 0,5$ определяется по ф-ле $\Delta t_{ср} = [n(\theta_1 - \theta_2) / (\theta_2^{-n} - \theta_1^{-n})]^{1/(n+1)}$ где $\theta_1 = t_r - t_b$ — темп-рный напор на входе теплоносителя в отопит. прибор; $\theta_2 = t_o - t_b$ — темп-рный напор на выходе теплоносителя из отопит. прибора; n — эксперимент. числовой показатель (см. *Отопительный прибор*). Г.о. присоединяется к геотермальным тепловым сетям.

ГЕОТЕРМАЛЬНОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ — система теплоснабжения, которая использует теплоту земных недр с помощью теплоносителей — горячей воды или пара. Г.т. применяют для отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и технологич. нужд предприятий, выработки электроэнергии. В Древнем Риме (II—III вв.) воды геотерм.

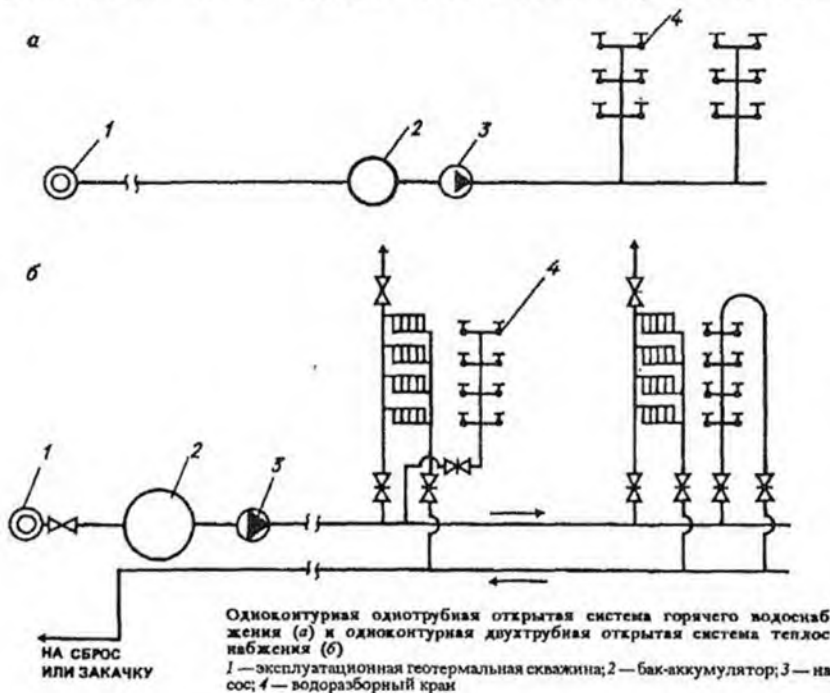
источников использовали для терм (бассейнов, бань), в средние века горячие источники с темп-рой до 80°C — для бытового теплоснабжения. Г.т. развито в Венгрии, Исландии, Мексике, Новой Зеландии, США, Японии. В России первая геотерм. электростанция мощностью 5 МВт построена в 1966 на р. Паужетка (юг Камчатки).

Возможность применения геотермальных вод в системах теплохладоснабжения определяется сравнением их технико-экономич. показателей с показателями традиц. теплоисточников. С учетом вида и кол-ва потребителей геотерм.

энергии, их взаимного расположения и необходимости срабатывания теплового потенциала геотерм. воды выбирают принцип. схему Г.т.: в р-нах со значит. геотерм. ресурсами — открытая система, зависимая схема снабжения геотерм. водой отопления и горячего водоснабжения; при огранич. геотерм. ресурсах — открытая система подачи геотерм. воды для горячего водоснабжения с отоплением от др. источника; при темп-ре геотерм. воды выше расчетной для отопления — последоват. подача ее на отопление и горячее водоснабжение; при темп-ре геотерм. воды ниже расчетной для отопления — паралл. или последоват. подача ее на отопление и горячее водоснабжение с пиковым подогревом воды на отопление; при огранич. геотермич. ресурсах, высокой стоимости добычи и транспортировки геотерм. воды — системы с пиковым подогревом и тепловыми насосами и комбиниров. системы *водяного и воздушного отопления*; при равенстве дебита геотерм. воды и среднечасового расхода горячего водоснабжения — бессливные системы. В зависимости от хим. состава и темп-ры геотерм. воды эти системы могут быть одноконтурными (без промежуточного теплообменника системы *геотермального отопления*) и двухконтурными (с промежуточным теплообменником), открытыми и закрытыми, с зависимым и независимым присоединением *местного отопления к тепловой сети*. Системы Г.т. включают в себя: *термоводозабор*, расположенный на месторождении теплоэнергетич. воды; первичные тепловые сети (геотерм. воды); вторичные тепловые сети (негеотерм. воды); пункт сброса отработ. геотерм. воды в водоем или обратной закачки ее в грунт. В необходимых случаях в систему Г.т. включают пиковый источник теплоты, тогда она становится комбиниров. геотерм.



Двухконтурная система теплоснабжения с пиковой котельной (ПК) и теплонасосной установкой (ТНУ) 1 — центральный геотермальный тепловой пункт (ЦТПГ); 2 — эксплуатационная геотермальная скважина; 3 — сетевой теплообменник; 4 — пиковая котельная; 5 — тепловой пункт; 6, 7, 8 — системы отопления, вентиляция и горячего водоснабжения зданий; 9, 10 — конденсатор и испаритель ТНУ; 11 — нагнетательный насос; 12 — наплевательная скважина; 13 — теплообменник ТНУ



Одноконтурная однотрубная открытая система горячего водоснабжения (а) и одноконтурная двухтрубная открытая система теплоснабжения (б) 1 — эксплуатационная геотермальная скважина; 2 — бак-аккумулятор; 3 — насос; 4 — водоразборный край

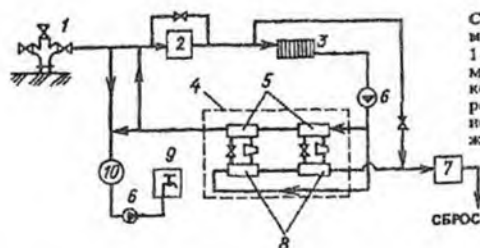


Схема комплексного использования геотермальных вод для теплоснабжения
1 — скважина; 2 — пиковая котельная; 3 — система отопления; 4 — теплонасосная установка; 5 — конденсаторы; 6 — насос; 7 — сезонные потребители геотермальной энергии; 8 — испарители; 9 — система горячего водоснабжения; 10 — бак-аккумулятор

системой теплоснабжения.

С целью защиты элементов тепловой схемы от агрессивного воздействия терм. вод применяют защитные покрытия, стойкие материалы, пластмассовые футеровки, коррозионные ингибиторы, антинакипную обработку. Для предотвращения отложений взвеш. в-в и шлама, а также удаления газов скорость теплоносителя в системах Г.т. должна быть не менее 0,2 м/с. Для срабатывания теплового потенциала предусматривают комплексное использование геотерм. вод в отопит. системах, на технологич. нужды, на обогрев культивацион. сооружений, в плавач. бассейнах, банно-прачечных комбинатах и т.п. Регулирование теплотребления в системах Г.т. осуществляется на скважине, в пиковых котельных и теплонасосных установках, в тепловых пунктах, на вводах в здание. Суточную неравномерность потребления терм. воды на горячее водоснабжение выравнивают с помощью баков-аккумуляторов геотерм. воды. В геотерм. системах отопления применяют преимущественно отопит. приборы с регулируемой теплоотдачей по воздуху. Особенности Г.т., затрудняющие его широкое развитие, — относительно низкая энтальпия теплоносителя, снижающая возможность его транспортировки; рассредоточенность и отдаленность геотерм. месторождений от потребителей; снижение дебита скважины при интенсивной эксплуатации и отсутствии закачки отработ. воды в пласт; зарастание скважин и интенсивное накипеобразование в системах при высокой минерализации геотерм. вод; интенсивная коррозия металл. трубопроводов и оборудования вследствие насыщенности геотерм. вод агрессивными газами; вредное воздействие на окружающую среду сбросных терм. вод.

Эффективный метод защиты окружающей среды и в то же время поддержания пластовых давлений — закачка отработ. геотерм. вод в эксплуатацион. пласты. Наиболее полное годовое использование дебита и теплового потенциала скважин обеспечивается при комплексных схемах Г.т. Геотерм. воду из скважины направляют непосредственно на отопление и горячее водоснабжение (через бак-аккумулятор). Предусмотрен

пиковый догрев геотерм. воды на отопление. На обратной линии систем отопления размещена теплонасосная установка. В летний период схема может эксплуатироваться в режиме хладоснабжения. Сезонные потребители (весенние теплицы, парники, бассейны и др.) включают по мере сокращения отопит.-вентиляц. нагрузки для выравнивания графика годового теплоснабжения и равномерного использования дебита скважин. Для отопления теплиц применяют, как правило, воздушные системы с сосредоточ. или равномерной раздачей воздуха, работающие на полной рециркуляции. Геотерм. воду после системы отопления направляют в систему грунтового обогрева теплиц.

Системы Г.т. оценивают коэфф. энергетич. эффективности, зависящим от степени срабатывания темп-рного перепада, степени использования макс. нагрузки и дебита скважины, наличия пикового догрева.

ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ — теплопроводы, предназнач. для подачи геотермальной воды, подразделяющиеся на первичные и вторичные. Первичные применяются для подачи воды либо непосредственно в теплоиспользующие установки, либо до промежуточного теплообменного аппарата (подающие Г.т.с.), а также для удаления отработ. геотерм. воды к пункту сброса в водоем или обратной закачки геотермальной воды (сбросные Г.т.с.). Вторичные предназначены для циркуляции вторичного теплоносителя через промежуточный теплообменник и теплоиспользующие установки. Г.т.с. входят в геодинамическую систему, т.е. систему циркуляции геотермальной воды через ее месторождение и систему геотермального отопления, включающую обратную закачку в водоносный пласт отработ. геотерм. воды для поддержания пластового давления. Общая геотермальная система теплоснабжения оценивается коэффициентом энергетической эффективности, т.е. показателем, характеризующим степень использования теплового потенциала *термоводозабора*, представляющим собой отношение фактич. отбора геотерм. теплоты к макс. возможному ее отбору в течение года. Для

повышения коэфф. энергетич. эффективности геотерм. теплоснабжения применяется комбинированная система, в к-рой используется кроме теплоты геотермальной воды еще и теплота др. источников (котельных, теплонасосных установок и т.п.).

ГИГРОГРАФ (от греч. *hugros* — влажный и *grapho* — пишу) — прибор для записи изменения во времени относительной влажности воздуха в помещении. Запись выполняется пером на бумажной кольцевой ленте, имеющей спец. сетку линий. Лента закреплена на барабане, к-рый вращается от часового механизма с частотой один оборот в сутки (суточный Г.) или в неделю (недельный Г.). Датчиком влажности обычно служит человеческий волос.

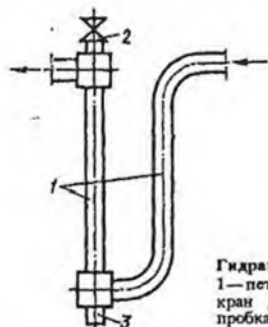
ГИГРОМЕТР (от греч. *hugros* — влажный и *metreo* — измеряю) — прибор для определения абс. или относительной влажности воздуха в помещении. Создан по гигроскопич. принципу измерения, основан на линейном и объемном расширении материалов при изменении влажности. Датчиком влажности служит человеческий волос, капрон, вискозная пленка, брусок канадской сосны. Точность измерения $\pm 3-5\%$ относит. влажности. Существуют конденсац., электрич., весовые и др. Г. В системах кондиционирования воздуха широко применяют Г. электролитич., представляющие собой электрич. датчик, между электродами к-рого нанесен чувствит. элемент из гигроскопич. материала — полоска полистирола, покрытая пленкой, содержащей хлористый литий. Электрич. сопротивление чувствит. элемента изменяется с изменением влажности воздуха. Датчик позволяет измерять влажность в диапазоне темп-ры воздуха 40—50°C.

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ — способность при изменении в них расхода теплоносителя уменьшить отклонение его от расчетного значения у потребителей. Разрегулировка местных систем характеризуется изменением расхода воды, т.е. отношением $x = G/G^P$, где G и G^P — текущее и расчетное значения расхода воды через системы потребителей. В закрытых системах теплоснабжения циркуляц. и все гидравлич. потери в замкнутом контуре делятся на две части: потери напора в тепловых сетях $\Delta H_{ТС}$, включая источник теплоты, и у абонента (в системах потребителя) $\Delta H_{Аб}$. Напор, развиваемый сетевым насосом H_N , равен этим потерям, т.е. $H_N = \Delta H_{ТС} + \Delta H_{Аб}$.

С изменением числа присоедин. к тепловой сети потребителей будут изме-

няться расход воды в сетях и потери напора. В предельном случае, когда большинство абонентов будет отключено от тепловой сети, расход воды в ней станет ничтожно мал, а располагаемый напор перед абонентом примерно равен напору насоса, что приведет к росту расхода теплоносителя у потребителей, т.е. разрегулированию систем. Чем величина $\Delta H_{тс}$ меньше $\Delta H_{аб}$, тем гидравлически устойчивее система. При ничтожно малых потерях в тепловой сети, что возможно при очень больших диаметрах теплопроводов, система будет обладать высокой гидравлич. устойчивостью. Следовательно, повышение последней связано с доплатой затратами. Вместе с тем для неавтоматизированных систем повышение гидравлич. устойчивости — основное средство повышения стабильности их работы. Количественно гидравлич. устойчивость системы оценивают коэффициентом $K: K = \Delta H_{аб} / (\Delta H_{тс} + \Delta H_{аб}) = \Delta H_{аб} / H_{н}$. Макс. разрегулировка характеризуется макс. значением x . Она будет соответствовать предельному режиму, когда $\Delta H_{тс} = 0$, а $\Delta H_{аб} = H_{н}$. Расход у абонента пропорционален корню квадратному из располагаемого напора, следовательно, $x^{max} = G^{max} / G^p = \sqrt{H_{н} - \Delta H_{аб}} = 1 \sqrt{K}$. Чем ближе коэффициент гидравлич. устойчивости к единице, тем устойчивее система. При автоматизированных абонентских установках с ростом располагаемого напора перед ними клапаны регуляторов будут прикрываться и гасить излишний напор, сохраняя расходы постоянными. Поэтому понятие гидравлич. устойчивости для них не имеет такого значения, как для неавтоматизированных установок, но повышение гидравлич. устойчивости облегчает работу автоматич. регуляторов и позволяет применять более простые конструкции автоматом.

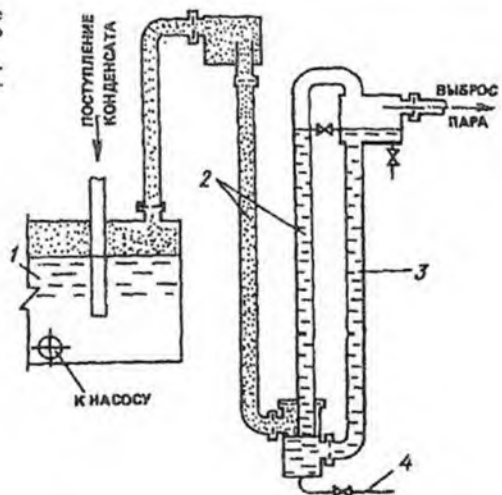
ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ЗАТВОР — U-образная петля из вертик. труб, соединяющая паропровод с конденсатопроводом, наполовину заполн. водой, предназначен. для отвода конденсата попутного



Гидравлический затвор
1 — петля гидрозатвора; 2 — кран для продувки; 3 — пробка для спуска грязи

Гидравлический затвор (выкидное приспособление) для систем парового отопления

1 — конденсатный бак; 2 — петля гидрозатвора; 3 — труба для обратного слива воды; 4 — труба для заполнения гидрозатвора водой



из паропровода (осушки паропровода) системы парового отопления низкого давления (без проникания пара в конденсатопровод). Г.з. используется и как предохранит. устройство (наз. также выкидным приспособлением) от превышения давления сверх допустимого в сосудах, работающих под давлением. В этом случае имеет промежуточный бак для выброса пара в атмосферу при превышении давления в сосуде и трубу обратного слива воды в петлю. Такой Г.з. работает без опорожнения петли затвора. Высота петли должна с нек-рым запасом соответствовать высоте столба воды в Г.з., уравновешивающего давление в паропроводе или сосуде, при к-ром установлен затвор.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ЛОТОК — устройство для моделирования процессов течения воздуха вблизи зданий или сооружений, а также в замкнутых объемах. Различают плоские и объемные Г.л. Плоский — мелкий корытообразный канал, в зоне рабочего участка к-рого создается проточное равномерное движение воды. Двухмерную модель здания или помещения размещают в пределах рабочего участка. Картина двухмерного движения воды вокруг или внутри модели фиксируется. Для визуализации течения используют и движущиеся индикаторы — алюминиевый порошок или мелкие бумажные конфетти. Фотографируя течение вокруг или внутри модели, можно получить размеры и схемы циркуляции вихревых зон, а также векторы скорости жидкости в отд. частях потока (по длине следа, оставляемого индикатором). Плоский Г.л. обычно дает качественную картину движения воздуха. Объемные Г.л. позволяют исследовать процесс обтекания объемных моделей зданий при любом направлении потока. Объемный

Г.л. — канал большой протяженности, имеющий прямоугольное сечение. Для исследования процесса обтекания используют переднюю часть лотка, в к-рой влияние пристенных пограничных слоев незначительно. Модель здания, установленная на плоской подставке, имитирующей поверхность земли, помещают в поток воды сразу за выравнивающей решеткой Г.л. В объемном Г.л. удобно моделировать диффуз. процессы, определяющие рассеивание выбрасываемых из здания вредных в-в. При моделировании в качестве индикатора применяют раствор краски, напр. туши. Индикатор к местам расположения выбросов вредных в-в на модели подают через капиллярные трубки. Для количеств. оценки применяют в-ва, плотность к-рых близка к плотности воды. По траектории отд. объемных частичек индикатора — меток, зафиксированных на киноплёнке, — можно судить о размерах зоны аэродинамич. следа, о кратности обмена в зонах и др. хар-ках. Наглядность процесса в объемном Г.л. — главное преимущество такого лотка перед аэродинамической трубой.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВНУТРЕННИХ ГАЗОПРОВОДОВ — математич. метод определения диаметров труб участков газопроводов в зависимости от расходов газа и перепада его давления в сети. Г.р.в.г. производят после выбора и размещения оборудования и составления расчетной схемы. Для расчета выбирают газопровод к наиболее удаленному прибору. Если два последних прибора равноудалены от ввода, то за расчетное направление принимают имеющее большую нагрузку. Г.р.в.г. выполняют методом итераций в такой последовательности: газопровод разбивают на отд. участки, характеризующиеся постоянными расходом

газа и диаметром; определяют расчетные расходы газа для всех участков, начиная от наиболее удаленного прибора; задают диаметры газопроводов на всех участках, принимая диаметр стояка постоянным; для каждого участка определяют суммы коэфф. местных сопротивлений $\sum \xi$; определяют действит. l (из расчетной схемы) и расчетную l_p длины каждого участка газопровода; в зависимости от числа Рейнольдса определяют режим течения газа на каждом участке и потери давления на них; рассчитывают дополнит. избыточное (гидростатич.) давление; определяют потери давления на участках с учетом гидростатич. давления; рассчитывают суммарные потери в газопроводах с учетом потерь в трубах и арматуре, установл. до горелок газовых приборов. (Полученные суммарные потери сравнивают с располагаемым давлением. Если они намного больше или меньше него, то производят перерасчет с изменением ранее принятых диаметров участков.) Производят гидравлич. расчет всех ответвлений от расчетит. газопровода с вязкой потерь давления в них.

Для выполнения Г.р.в.г. с учетом степени шума, возникающего при движении газа, скорость его движения для газопроводов низкого давления принимают не более 7 м/с.

Для определения расчетных (макс. часовых) расходов газа используют два метода. По первому определяют с помощью коэфф. одновременности включения газовых приборов в пик потребления K_0 , по второму используют макс. коэфф. неравномерности. Расчетный расход газа Q_p вычисляют по формуле $Q_p = \frac{n}{1} K_{0\text{ном}} N_i$,

где $q_{\text{ном}}$ — номин. расход газа прибором или группой приборов; N_i — число однотипных приборов; n — число типов приборов или однотипных групп приборов. Коэфф. $K_0 < 1$ учитывает вероятность одновремен. работы определ. числа газовых приборов и зависит от числа газовых приборов и газооборудов. квартир. Главный недостаток метода расчета по коэфф. одновременности в том, что в нем не учитывают число людей, пользующихся одним газовым прибором. Т.к. мощность установл. газовых приборов обычно превосходит необходимую, вытекающую из потребностей людей, проживающих в квартире, то это несоответствие приводит к существу. увеличению расчетного расхода газа, что вызывает перерасход металла.

Расчетный расход газа Q_p определяют по формуле

$$Q_p = \sum_{i=1}^n K_{\text{ч.г.}}^{\text{max}} (Q_{\text{год.кв}}/8760) N_i,$$

где $K_{\text{ч.г.}}^{\text{max}}$ — макс. коэфф. часовой неравно-

мерности потребления газа за год, к-рый зависит от характера использования газа в квартире (на приготовление пищи или на приготовление пищи и горячей воды), ее населенности и общего числа квартир $\sum N_i$; $Q_{\text{год.кв}}$ — годовое потребление газа жильцами квартиры, определяемое по нормам.

Потери давления на местные сопротивления учитывают через эквивалентную длину $l_{\text{эк}}$, к-рая определяется в зависимости от режима движения газа по формулам или графикам. Расчетную длину участка газопровода вычисляют по формуле $l_p = l + \sum \xi l_{\text{эк}}$, где $l_{\text{эк}}$ — эквивалентная длина прямолинейного участка газопровода, м, потери давления на к-ром равны потерям давления в местном сопротивлении со значением коэфф. $\xi = 1$.

При расчете внутр. газопроводов жилых домов потери давления на местные сопротивления на газопроводах от ввода в здание до стояка можно определять в размере 25% линейных потерь давления, на стояках — 20%, на внутриквартирной разводке при ее длине 12—1 м — соответственно 50—450%. Отд. участки внутр. газопроводов имеют разные геометрич. отметки по высоте, и поэтому в газопроводах низкого давления возникает дополнит. избыточное давление, к-рое пропорционально разности плотностей воздуха и газа. Его определяют по формуле $P = gh(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{г}})$, где h — абсолютных отсчетов в конце и начале участка, считая по ходу газа, м; $\rho_{\text{в}}$, $\rho_{\text{г}}$ — плотность соответственно воздуха и газа, кг/м³; при темп-ре 0°C и давлении 0,101 МПа; g — ускорение свободного падения, м/с².

При подъеме газопровода значение h будет положит., а при опускании — отрицательным. Если газ тяжелее воздуха, то дополнит. давление будет отрицательным.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ — математич. метод

определения диаметров труб участков газопроводов в зависимости от расходов газа и перепада его давления на участке сети. Вместо расчета давления во всех узлах можно рассчитывать его потери на каждом участке и при известном нач. давлении определить все узловое давления. Т.о. число неизвестных при Г.р.г.с. равно утроенному числу участков сети. Если сравнить число неизвестных с числом возможных ур-ний для расчета, то оказывается, что число неизвестных больше числа ур-ний. В таких случаях при инж. расчетах применяют дополнит. условия, с помощью к-рых можно замкнуть систему ур-ний. Обычно используют условие эко-

номич. оптимизации. Для тупиковых сетей такое условие позволяет получить оптим. решение. Но следует отметить, что чисто гидравлич. постановка задачи расчета является неопределенной. При расчете кольцевых сетей возникает дополнит. неопределенность, связанная с распределением транзитных расходов (см. Газовая сеть). Строгого решения этой задачи нет, но, используя принципы надежности, можно получить приближ. решение. Если все же составить систему ур-ний и оптимизировать задачу, то для замыкающих участков будут получены нулевые расходы, а это значит, что кольцевая сеть "выродилась" в тупиковую. Следовательно, оптимизировать потокораспределение в кольцевой сети нельзя, что вытекает из самого принципа кольцевания сети, к-рый связан с введением структурного резерва. Кольцевая сеть с заданным потокораспределением также не поддается экономич. оптимизации в прямой, строгой постановке задачи, т.к. при определении диаметров сети необходимо обеспечить транспортный резерв, к-рый позволит подавать газ наиболее удаленным потребителям при отказе головного участка сети. Оптимизация процесс можно вести, используя спец. приемы и ставя задачу отыскания наиболее экономичного варианта при заданном уровне надежности. И так, для всех газовых сетей чисто гидравлич. расчет не дает решения. Он должен быть дополнен или экономич. ур-ниями, или принципом резервирования сети.

Сети низкого давления являются системами с распределит. параметрами, т.к. участки газопроводов нагружают путевыми расходами, т.е. расходами, к-рые раздают потребителям по пути движения потоков. Такая постановка задачи — следствие неполной исходной информации о потребителях, присоединяемых к газовой сети низкого давления, но даже при наличии полной информации использовать ее не удается из-за огромного кол-ва присоединяемых абонентов. Обычно сеть низкого давления разделяют на зоны с близкими хар-ками присоединяемых потребителей, и для этих зон считают нагрузку равномерно распределенной. По принятым условиям определяют расчетные расходы газа для участков сети. Для сетей высокого и среднего давлений расходы газа считают сосредоточенными и присоединенными в узлах. Исходя из этого определяют расчетные расходы для участков сети. Газовые сети всех давлений рассчитывают на заданные потери их. Эти потери для сети низкого давления определяют исходя из их необходимой гидравлич. устойчивости, а для сетей высокого и среднего давлений — из требуемого резерва пропускной способности. Такой принцип расчета связан со след. обстоятельствами. Во-первых, гор. сети не име-

ют нагнетателей (компрессоров). Газ к горю подводится под высоким давлением, которое создают компрессорные станции магистр. газопроводов, а в пределах гор. систем это давление на клапанах регуляторов, в сетях и соплах газовых горелок падает до барометрич. давления. Во-вторых, макс. давления строго регламентированы в газопроводах правилами безопасности, к-рые устанавливают пределы для возможных значений расчетных перепадов давлений. При такой постановке задачи расчета гор. газовых сетей определяют расходы газа и потери давления для всех участков. Диаметры газопроводов низкого давления рассчитывают по ф-ле Дарси, рассматривая газ как несжимаемую жидкость: $\Delta P = P_{\text{н}} - P_{\text{к}} = -0,81\lambda (Q_0^2/d^5) \rho_0 l$, где ΔP , $P_{\text{н}}$, $P_{\text{к}}$ — потеря давления, нач. и конечное давление для участка; λ — коэфф. трения; Q_0 , ρ_0 — расход и плотность газа, привед. к норм. условиям; l , d — длина и внутр. диаметр газопровода.

Для сетей высокого и среднего давлений учитывают изменение плотности газа с изменением давления, движение газа считают изотермич., а его темп-ру равной 0°C (что близко к зимним условиям). Ур-ние Дарси записывают в дифференц. форме и интегрируют совместно с ур-нием состояния газа и ур-нием сплошности течения, получая расчетную зависимость $P_{\text{н}}^2 - P_{\text{к}}^2 = 1,62\lambda (Q_0^2/d^5) \rho_0 P_0 l$, где $P_0 = 101\,300$ Па. Коэфф. трения для газопроводов низкого давления определяют как для гидравлич. гладких труб, а для газопроводов высокого и среднего давлений — как для шероховатых труб, принимая коэфф. абс. эквивалентной шероховатости равным $0,01$ см. Ввиду малой плотности газа гидростатич. давление для гор. газовых сетей не учитывают, и пьезометрич. графики строят, пренебрегая геодезич. высотой. При расчете *внутренних газопроводов* учитывают изменение плотности газа и воздуха с высотой, т.е. увеличение избыточного давления природного газа.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ — процесс определения разности давления и расхода теплоносителя, площади поперечного сечения (диаметра) *теплопроводов системы отопления*, достаточных для подачи необходимого кол-ва теплоты в отапливаемые помещения. Разность давления в отд. точках теплопроводов системы отопления должна обеспечивать движение теплоносителя в заданных направлениях. Диаметр теплопроводов подбирается т.о., чтобы общие потери давления в них при движении определ. кол-ва теплоносителя равнялись разности его

давления в нач. и конце системы. Г.р.с.о. выполняется с соблюдением разл. условий, учитывающих шероховатость внутр. поверхности теплопроводов и физ. свойства теплоносителя (напр., Г.р.с.о. *парового отопления* проводится различно при низком и высоком давлении пара). Г.р.с.о. осуществляется по пространств. схеме, вычерчиваемой обычно в аксонометрич. проекции. На этой схеме система делится на участки с указанием их тепловых нагрузок, в нее включаются теплогенератор и побудитель движения теплоносителя (если он имеется). Тепловая нагрузка каждого участка, т.е. отрезка теплопровода с пост. площадью поперечного сечения и одним и тем же расходом теплоносителя, выражает кол-во теплоты, к-рое будет передано (или уже передано) теплоносителем в отапливаемые помещения. В соответствии с тепловой нагрузкой участка в процессе Г.р.с.о. устанавливается расход на нем теплоносителя. По тепловой нагрузке системы отопления в целом, равной суммарной *теплопередаче* во все отапливаемые помещения, определяется общий расход теплоносителя в системе. Г.р.с.о. связан с *тепловым расчетом системы отопления*, поэтому требуется многократное повторение их, что обычно делается с помощью ЭВМ. Потери гидростатич. (аэростатич.) давления на каждом участке принято вычислять как сумму потерь давления линейных (при трении теплоносителя о стенки по всей длине теплопровода) и местных (вследствие деформаций потока теплоносителя). Вычисления проводятся по ф-ле Дарси—Вейсбаха с учетом средней плотности и режима течения теплоносителя, при ограничении скорости его движения в теплопроводах. Предельно допустимой (по акустич. или экономич. соображениям) скоростью движения теплоносителя воды считается $1,5$ м/с в обществ., 2 м/с — в административно-бытовых, 3 м/с — в производств. зданиях; теплоносителя пара — 20 — 30 м/с в системах низкого и 60 — 80 м/с — высокого давления; теплоносителя воздуха — 15 м/с в производств. зданиях. Во избежание гидравлич. *разрегулирования системы отопления* при Г.р.с.о. проводится увязка потерь давления на паралл. соедин. необщих участках. Системе придается также гидравлич. устойчивость, т.е. свойство пропорционально изменять расход теплоносителя на всех ее участках при проведении количеств. регулирования в *тепловом пункте*. Для этого Г.р.с.о. выполняется с повыш. потерями давления на конечных участках (напр., в стояках системы *водяного отопления* по сравнению с потерями давления в ее магистралях). Придание системе отопления гидравлич. устойчивости обеспечивает ее тепловую устойчивость — свойство пропорциональ-

но изменять теплоподачу в отапливаемые помещения при качественно-количеств. регулировании в тепловом пункте.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ПАРОВОГО ОТОПЛЕНИЯ — процесс определения параметров *паро- и конденсатопроводов* т.о., чтобы общие потери давления в них при протекании расчетного кол-ва пара и *конденсата* были равны разности давлений в нач. и конце системы. Г.р. паропроводов низкого давления выполняется при условно пост. давлении ($0,01$ МПа) и плотности ($0,63$ кг/м³) пара, коэфф. эквивалентной шероховатости труб $k_0 = 0,2$ мм без учета попутной конденсации пара. Подобный прием расчета основывается на практически малом изменении давления и плотности пара по длине паропроводов. Нач. давление пара при этом выбирается в зависимости от макс. длины паропроводов (напр., при длине менее 100 м нач. давление пара принимается равным $0,005$, конечное перед *отопительным прибором* — $0,0015$ — $0,002$ МПа). Для уравнивания потерь давления во взаимосвяз. паропроводах разл. длины, а следовательно, при разл. потерях давления применяются *дресселирующие шайбы*. Особенность Г.р. паропроводов повыш. и высокого давления — в учете изменения давления, плотности и темп-ры пара по мере его продвижения по паропроводам. Условно (для упрощения) расчет паропроводов предварительно проводится при плотности пара 1 кг/м³. Получен. условные значения уд. линейной потери давления приводятся к действит. путем деления на среднюю плотность пара на каждом участке. Аналогично определяется действит. скорость движения пара на каждом участке, в зависимости от к-рой находят местные потери давления. Расчетные кол-во пара на участках системы определяют по *тепловой нагрузке* с добавлением того кол-ва пара, к-рое на каждом участке превращается в конденсат попутный. Местные потери давления на участках при Г.р. паропроводов часто заменяются равными им линейными потерями давления на эквивалентной (дополнит.) длине участков. Такой способ расчета носит назв. расчета по привед. длинам (действит. длина плюс эквивалентная) участков. Часто при Г.р.с.п.о. высокого давления параметры пара в нач. и конце паропроводов неизвестны. В таком случае сначала рассчитывают потери давления в конденсатопроводах и выявляют давление пара в отопит. приборах (с проверкой допустимости темп-ры пара в этих приборах). Далее рассчитывают потери давления в паропроводах и определяют нач. давление пара. Диаметры самотечных "сухих" и "мокрых" конденсатопроводов систем низкого давления выбирают без де-

тального расчета в зависимости от тепловой нагрузки на каждом участке. Диаметр напорных конденсаторов систем парового отопления находят в результате гидравлич. расчета по способу, применяемому при расчете систем *водяного отопления*. В процессе расчета напорных конденсаторов учитываются как увелич. шероховатость труб (коэфф. эквивалентной шероховатости $k_3 = 0,5-1$ мм), так и повыш. расход *конденсата* в период пуска и прогрева системы. Осн. расход конденсата при этом определяется по расчетному кол-ву пара (с учетом попутного конденсата). Диаметр двухфазных конденсаторов всегда получается значительно больше диаметра напорных конденсаторов (при одинаковом расходе конденсата) вследствие уменьшения плотности пароконденсатной смеси и соответственно увеличения ее объема.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ — определение диаметров всех участков *трубопроводов* и потерь давления на них. Диаметры труб и потери давления на трение определяют по ф-ле Дарси: $\Delta P_a = \lambda (l/d) (w^2/2) \rho$, где ΔP_a — потери давления на трение (линейные), Па; λ — коэфф. гидравлич. трения; l, d — длина и диаметр участка трубопровода, м; w — скорость потока, м/с; ρ — плотность *теплоносителя*, кг/м³.

В *водяных тепловых сетях* движется турбулентный поток, в большинстве случаев режим движения оказывается в квадратической зоне. Коэфф. трения вычисляют для турбулентного режима. Плотность воды принимают при темп-ре, соответствующей расчетному режиму (точке излома графика темп-р). При темп-ре 75°C $\rho = 975$ кг/м³. При этой плотности рассчитывают таблицы. Скорость воды по нормам не должна превышать 3,5 м/с. Потери давления в местных сопротивлениях определяют по ф-ле $\Delta P_{m,c} = \sum \zeta (w^2/2) \rho = \lambda (l_3/d) (w^2/2) \rho$, где $\sum \zeta$ — сумма коэфф. местных сопротивлений, имеющихся на участке (значения коэфф. ζ берут по таблицам); l_3 — эквивалентная длина местного сопротивления.

Расчетная ф-ла для определения диаметров имеет вид: $\Delta P = -0,0893 K_3^{0,25} [G^2 / (\rho d^{5,25})] l_{np}$, где G — массовый расход воды, кг/с; $l_{np} = l + l_3$ — приведенная длина участка трубопровода (с учетом местных сопротивлений), м; K_3 — коэфф. абсолютной эквивалентной шероховатости внутренней поверхности труб, принимаемый равным 0,0005.

Расчетная ф-ла содержит три перем. — $\Delta P, G$ и d , т.к. K_3, ρ и l_{np} заданы. Диаметр определяют по задаче расче-

та, расход воды задан из технологич. условий. В таком случае ΔP — лишняя неизвестная. Следовательно, задачи гидравлич. расчета по постановке неопределенны, необходимы дополнит. условия для однозначного решения.

Для *нерезервиров. тупиковой* тепловой сети уд. потерю давления определяют технико-экономич. расчетом. Для резервиров. кольцевой сети технико-экономич. расчет проводят с ограничениями, к-рые вытекают из требований сохранения необходимого резерва. Возможен приближ. расчет, при этом задаются уд. потерей давления по длине теплопровода. Для основного расчетного направления — от источника теплоты до наиболее удаленного потребителя потерю давления рекомендуется принимать до 80 Па/м, для остальных участков — не более 300.

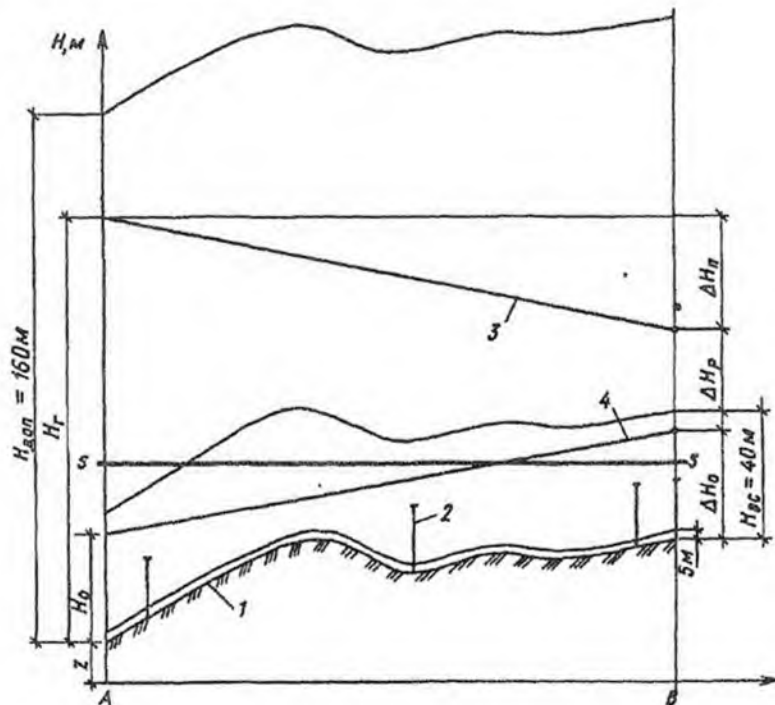
При гидравлич. расчете разветвл. *водяных тепловых сетей* расчетные расходы воды для всех участков определяют однозначно в зависимости от расчетных расходов теплоносителя у потребителей. При приближ. методе вначале, придерживаясь рекомендуемой уд. потери давления и проверяя скорости движения воды в трубопроводах, рассчитывают осн. магистраль. После определения диаметров подсчитывают коэфф. местных сопротивлений и находят эквивалентные длины, затем определяют необходимый располагаемый напор на выводных коллекторах источника теплоты, к-рый используется при подборе циркуляц. насоса. По оставшемуся напору рассчитывают ответвления.

Для расчета *кольцевых сетей* такую методику применять нельзя, т.к. диаметры замыкающих участков окажутся малыми и при отказе головного участка кольца не пропустят требуемый расход теплоносителя. Для проведения расчета необходимы дополнит. условия, вытекающие из надежного функционирования тепловой сети.

При расчете *паровых сетей* также используют ф-лу Дарси. Потери давления определяют по располагаемому перепаду его, при этом скорость пара принимают не выше рекомендуемых значений: для насыщ. пара и труб диаметром до 200 мм — не более 35, а труб больших диаметров — до 60 м/с. В ответвлениях к отд. потребителям допускают увеличение скорости движения пара примерно на 30%. При гидравлич. расчете паропроводов коэфф. шероховатости $K_{ш}$ принимают равным 0,0002 м. Особенность гидравлич. расчета паропроводов — в необходимости учета изменения плотности пара при определении гидравлич. потерь. Плотность пара определяют по таблицам в зависимости от давления, к-рое в свою очередь зависит от гидравлич. потерь,

поэтому расчет ведут методом последоват. приближений. Сначала задают давление, по среднему давлению на участке определяют плотность пара, рассчитывают потери и проверяют принятое давление. Расчет повторяют до достижения требуемой точности.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ — режим, определяющий давления в *теплопроводах* при движении *теплоносителя* (*гидродинамич.*) и при неподвижной воде (*гидростатич.*). Вода, обладающая большой плотностью, оказывает значит. гидростатич. давление на трубы и оборудование, поэтому при расчетах *тепловых сетей* его необходимо вычислить и сравнить с допустимыми значениями. При необходимости следует изменять гидравлич. режим либо применять более прочные трубы и оборудование. Проверяют гидравлич. режим с учетом геодезич. высот положения трубопровода при статич. состоянии системы, когда циркуляц. насосы не работают, и при динамич. При изучении режима давлений используют пьезометрич. графики, на к-рых наносят рельеф местности по разрезам вдоль тепловых трасс, указывают высоту присоединяемых зданий, напор в подающих и обратных линиях теплопроводов. Энергию потока относят к единице силы — ньютому (Н), тогда размерность уд. энергии будет: Дж/Н = нм/Н = м. В метрах измеряют и потенц. энергию положения, к-рая совпадает с геодезич. высотой прокладки трубопровода. Такой подход удобен, т.к. позволяет в одном масштабе измерить и энергию и высоты, включая высоту здания. Последняя соответствует разности геодезич. отметок верха и низа $\Delta z = z_1 - z_2$, уд. энергия потока воды — напору H , м. За горизонт. плоскость отсчета принимают ту, к-рая проходит через нулевую отметку. Все геодезич. отметки соответствующему масштабу, указ. на шкале. Геодезич. высота трубопровода, принимаемая совпадающей с профилем Земли, отражает потенц. энергию положения, м. Высоты пьезометров подающей и обратной линий — H , являющиеся пьезометрич. напорами, м, показывают потенц. энергию давления. Пьезометрич. напоры измеряют избыточную энергию, поэтому их откладывают от уровня Земли. Скоростной напор потока ввиду малости на пьезометрич. графике не изображают. По пути потока с изменением геодезич. высоты z один вид потенц. энергии преобразовывается в другой. С подъемом трубопровода потенц. энергия положения потока z растет, а потенц. энергия давления — пьезометрич. напор H уменьшается. Полный напор $H_{пол} = z + H$ без учета потерь будет постоянным. С учетом потерь он будет


Пьезометрический график

1 — разрез продольного профиля трассы; 2 — высота здания; 3, 4 — напоры в подающей и обратной линиях; А — источник теплоты; В — крайний потребитель; 5 — S — уровень статического напора

линейно уменьшаться, чему соответствуют положения пьезометров. Потери напора на трение и в местных гидравлич. сопротивлениях, соответствующие потерям потенц. энергии давления на пути, измеряют разностью полных напоров: $\Delta H = (z_1 + H_1) - (z_2 + H_2)$.

Пьезометрич. напор соответствует избыточному манометрич. давлению, поэтому он определяет давление на стенке трубопроводов, арматуры и оборудования; под этим напором находится и теплоноситель. Следовательно, допустимые напоры для труб, оборудования и теплоносителя накладывают ограничения на возможное положение пьезометров. Из условий прочности труб пьезометрич. напор во всех точках по трассе должен быть меньше допустимого: $H \leq H_{\text{доп}}$. Обычно используют трубы с $H_{\text{доп}}$, равным 160 м, тогда пьезометрич. линии подающего и обратного трубопроводов должны находиться в зоне напоров, нижней границей к-рой является профиль рельефа местности, а верхней — линия, пролож. эквидистантно рельефу на расстоянии $H_{\text{доп}} = 160$ м.

Из условия нескиспания высоко-температурного теплоносителя давление в трубе должно быть больше давления насы-

щения, соответствующего его макс. темп-ре. При макс. темп-ре воды 150°C давлению насыщения соответствует напор, равный 40 м. Следовательно, допустимое давление в подающей линии ограничивается снизу кривой, находящейся на высоте 40 м от земли. Напор в подающей линии ограничивается пределами $40 \text{ м} \leq H_{\text{под}} < 160 \text{ м}$. Ограничение нескиспания в 40 м относится к трубопроводам с геодезич. отметкой z , равной 0. Для оборудования, имеющего большую высоту, условие нескиспания следует проверить для верхних точек. Требования нескиспания относят к гидродинамич. режиму, т.к. при переходе на статич. режим перед остановкой циркуляц. насосов темп-ру теплоносителя снижают до уровня, обеспечивающего его нескиспание. Давление в обратной линии всегда ниже, чем в подающей, поэтому на прочность его можно не проверять, но если пьезометр обратной линии пересечет Землю, в трубе образуется вакуум, что недопустимо, поскольку при этом возможны подсос воздуха, коррозия, кавитация перед насосами. Миним. напор в обратном трубопроводе принимают в 5 м. Это его нижняя граница, т.е. $5 \text{ м} \leq H_{\text{обр}} < 160 \text{ м}$.

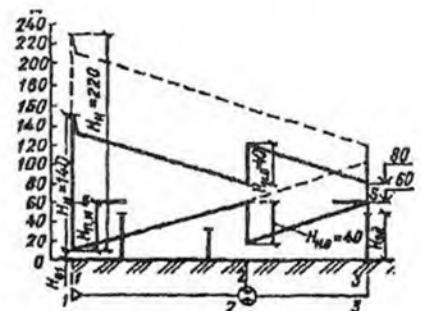
Системы отопления зданий находятся под давлением обратного трубопровода, поэтому к напору в обратной линии добавляются ограничения. Первое вытекает из условий прочности оборудования системы. Наиболее слабым звеном являются нагреват. приборы, рассчитанные на

след. напоры: чугунные радиаторы — 60 м, конвекторы — 100 м, отопительные панели из гладких труб — 100 м. Т.к. к системам теплоснабжения присоединяют здания р-нов и городов, а чугунные радиаторы — наиболее распространенные приборы, макс. напор в обратной линии принимают в 60 м. При независимом присоединении ограничения обуславливаются прочностью водоподогревателей. Их рассчитывают на напор 100 м. Условия прочности относятся к гидродинамич. и гидростатич. режимам.

Др. условие относится только к зависимому способу присоединения и вытекает из требования залива системы отопления водой под напором обратной линии, к-рый для всех зданий должен быть больше их высоты на 5 м. Для гидродинамич. режима это условие может не выполняться, если в подающей линии напор достаточный. В таком случае на выходной линии из системы отопления устанавливают регулятор подпора. Для абонентских вводов с элеваторным присоединением располагаемый напор должен быть ниже $\Delta P_p = H_p - H_o = (12 - 15) \text{ м}$.

При спокойном рельефе местности и большой протяженности тепловых сетей допустимые потери давления в теплопроводах недостаточны для обеспечения оптим. гидравлич. уклонов. Увеличение напора в источнике теплоты невозможно по условиям прочности трубопроводов и оборудования. В такой ситуации на подающей и обратной линиях устанавливают подкачивающие насосные подстанции. При этом увеличиваются общий напор насосов, обеспечивающих циркуляцию воды в системе, и гидравлич. уклоны при неизменном положении границ напоров в теплопроводах.

Пьезометрический график тепловой сети с подкачивающими станциями на подающей и обратной


Пьезометрический график тепловой сети с насосными подстанциями

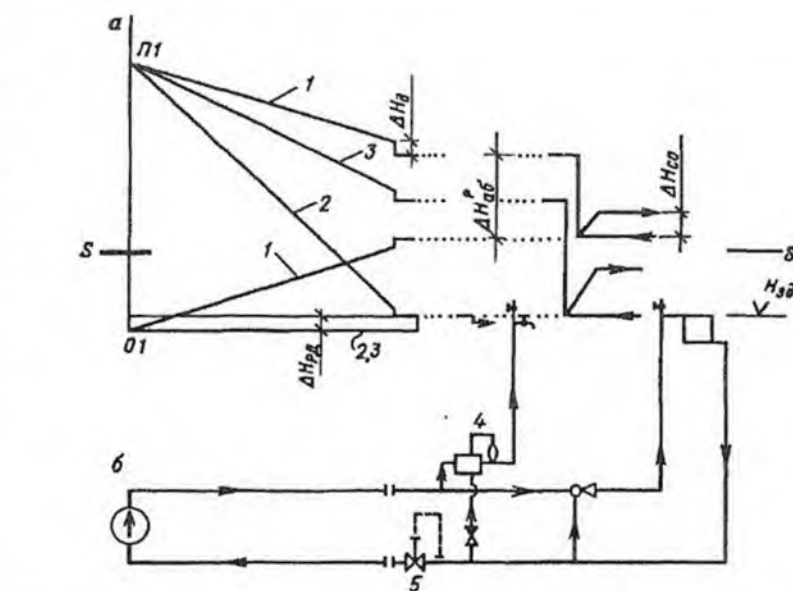
1 — источник теплоты; 2 — место расположения подкачивающих насосов на подающем и обратном теплопроводах; 3 — конденс. абонент; 5 — S — линии полного статического напора; $H_{\text{ст}}$, $H_{\text{п.п.}}$, $H_{\text{об.п.}}$, $H_{\text{об}}$ — напоры, развиваемые насосами: сетевым, подкачивающим, на подающей линии, подкачивающим на обратной линии; $H_{\text{зд}}$ — высота зданий

линиях показан на схеме. Если при прочих равных условиях ограничиться только циркуляц. насосом на источнике теплоты, то он должен развивать напор $140 + 40 + 40 = 220$ м. Такой пьезометр показан пунктиром. Макс. напор в сети составит 210 м (считая потери давления в источнике теплоты в 20 м), что недопустимо по требованиям прочности трубопроводов. При установке насосных подстанций макс. напор в тепловой сети равен 130 м.

При сложном рельефе местности для удовлетворения требований гидравлич. режима устанавливают подкачивающие насосные и дроссельные станции на подающем и обратном трубопроводах. При понижающемся рельефе местности от источника теплоты к периферии на обратной линии сооружают насосную подстанцию, в результате чего до нее по ходу теплоносителя напор снижается. На подающей линии монтируют дроссельную станцию, на к-рой давление снижается до значения, не превышающего допустимое. При значит. понижении рельефа систему разделяют на две статич. зоны: верхнюю — вблизи источника теплоты, нижнюю — на периферии, где для снижения давления в обратной линии возводят насосную подкачивающую станцию. Предусматривают автоматич. защиту тепловой сети при остановке циркуляц. и подкачивающих насосов и на подающей линии для предотвращения повышения давления ставят клапан расщелки.

При повышении рельефа от источника теплоты на подающей линии устанавливают подкачивающую подстанцию, повышающую давление в трубопроводе и обеспечивающую подачу теплоносителя потребителям. Для защиты систем отопления потребителей, расположенных на периферии, от опорожнения на обратной линии ставят дроссельную станцию. При значит. разности геодезич. отметок земли установить единый статич. уровень для всей теплоснабжаемой территории невозможно, т.к. в зонах с низкими геодез. отметками давление в обратной линии превышает допустимое, а в зонах с высокими отметками не обеспечен залив систем отопления зданий. См. также *Гидравлический режим тепловых сетей открытых систем теплоснабжения*.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ — режим, определяющий давления в *теплопроводах* при водоразборе, при его отсутствии и при остановке циркуляц. насосов. *Открытые системы теплоснабжения* циркуляционно-прямоточные. При отсутствии водоразбора — это чисто цирку-



ляционные системы, и их гидравлич. режимы не отличаются от гидравлич. режимов закрытых систем. При водоразборе положение пьезометров изменяется: расход воды по подающей линии становится больше, чем в обратной, на величину водоразбора. При связ. регулировании в подающем теплопроводе поддерживают пост. расход теплоносителя, т.к. на вводах в *тепловые пункты* установлены регуляторы расхода, ограничивающие подачу *теплоносителя* в кол-ве, рассчитанном на отопит. нагрузки. Этот расход остается одинаковым при изменении отбора горячей воды из *тепловых сетей*. При несвяз. регулировании расходы воды в подающем и обратном трубопроводах изменяются. Поэтому с ростом водоразбора крутизна пьезометрич. графика трубопровода увеличивается, а обратного — уменьшается. Ограничения, накладываемые на положение пьезометров условиями прочности, режимом давлений теплоносителя и требованиями потребителей, так же, как и для др. систем (см. *Гидравлический режим тепловых сетей*).

При связ. регулировании положение пьезометра подающей линии неизменно. Макс. расход в обратной линии соответствует отсутствию водоразбора и равен отопит. расходу. Такой гидравлич. режим обуславливается часовой неравномерностью потребления и повторяется в течение отопит. сезона. Положение пьезометра обратной линии имеет наибольшую крутизну и симметрично по отношению к пьезометру подающей линии. С увеличением водоразбора расход в обратном трубопроводе сокращается и крутизна пьезометра уменьшается. Если водозабор

Режимы давлений

а — пьезометрический график; *б* — схема системы; 1 — пьезометры расчетного режима; 2, 3 — пьезометры первого и второго предельных гидравлических режимов; 4 — регулятор температуры; 5 — регулятор давления "до себя"; П1 и О1 — начальные точки на источнике теплоты; ζ — уровень статического напора

достигнет величины расхода теплоносителя в *системах отопления*, то движение воды в обратном трубопроводе прекратится и пьезометр займет горизонт. положение. Это будет предельный режим.

При установке регуляторов постоянства расхода перед системами отопления осуществляется несвяз. регулирование подачи теплоносителя в них и в *системы горячего водоснабжения*. В таком случае через системы отопления идет пост. циркуляц. расход, а на горячее водоснабжение по подающим трубопроводам тепловых сетей — дополнит. расход теплоносителя. Расход зависит от темп-ры воды в подающей линии (см. *Графики температур и расходов воды в открытых системах теплоснабжения*). Если эта темп-ра равна 65°C , то весь отбор происходит из подающей линии, крутизна пьезометра возрастает, а по обратной линии идет отопит. расход. При темп-ре, большей или равной 65°C , весь отбор из нее осуществляется после системы отопления. По подающей линии идет отопит. расход, и ее пьезометр имеет наименьшую крутизну. Расход по обратной линии сокращается и может стать равным нулю. Наступит предельный гидравлич. режим.

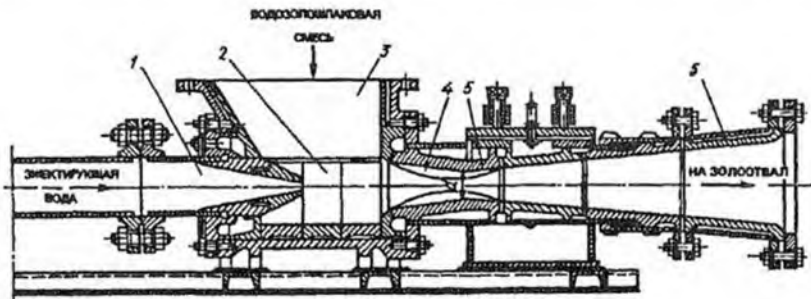
Открытые системы бывают и без регуляторов расхода. Насос поддерживает в источнике теплоты примерно пост. напор, поэтому регулирование подачи теп-

ноносителя оказывается связанным. Систему рассчитывают на отопит. расход. Для обеспечения одинаковых режимов давлений добиваются одинаковой гидравлич. устойчивости в всех потребителях путем установки диафрагм в подающей и обратной линиях, на к-рых срабатываются излишние напоры $\Delta H_{\text{д}}$. Пьезометры, соответствующие этому режиму, показаны на схеме. Располагаемый напор перед элеватором $\Delta H_{\text{э}}$ срабатывается при истечении из сопла. Напор после элеватора $\Delta H_{\text{с}}$ обеспечивает циркуляцию в системе отопления.

При водоразборе из подающей линии (осенне-весенний период) крутизна пьезометра возрастает, сокращается расход теплоносителя через систему отопления и по обратной линии. При равенстве отбора воды всему расходу теплоносителя движение по обратной линии прекратится, наступит первый предельный гидравлич. режим. Опорожнение системы отопления предупреждает регулятор давления "до себя", на к-ром срабатывается напор $\Delta H_{\text{рд}}$. При водоразборе из обратной линии после системы отопления (в зимний период) с отбором воды на горячее водоснабжение расход через эту систему будет возрастать, а по обратной линии уменьшаться. При отборе всей воды движение ее по обратной линии не будет, и наступит второй предельный гидравлич. режим. Следовательно, в осенне-весеннее время в системы отопления вода не подается, не додается и теплота, а в зимний период расход будет больше расчетного и здания перегреваются. Корректировкой расчетных расходов эти небалансы можно сгладить. Норм. обеспечение потребителей теплотой достигается применением повыш. скорректиров. графика, т.е. регулированием подачи теплоты по совмещ. нагрузке на отопление и горячее водоснабжение.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР — резкое повышение давления среды в напорном трубопроводе, возникающее при быстрой остановке потока. Зависит от плотности и скорости потока, длины и диаметра трубопровода, материала и толщины его стенок, степени скорости перекрытия сечения трубы. Г.у. вызывает мгновенное закрытие запорной арматуры на трубопроводах. В системе парового отопления Г.у. возникает при внезапной закупорке паропровода конденсатом. Г.у. может вызвать разрушение трубопровода, арматуры, оборудования. Для защиты от Г.у. устанавливаются воздушные колпаки, уравнил. резервуары, холодные выпуски.

ГИДРОАППАРАТ СИСТЕМЫ МОСКАЛЬКОВА — аппарат для удаления гидрозолошлаковой смеси из шахт и



Гидрораппарат системы Москалькова

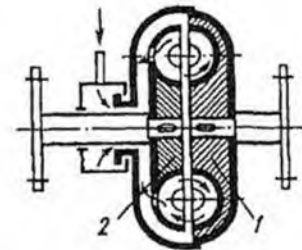
1 — сопло напорное; 2 — камера смесительная; 3 — воронка приемная; 4 — ребра диффузора; 5 — диффузор

бункеров котлоагрегата. Г. системы инж. Москалькова представляет собой водоструйный эжектор. Вода с помощью высоконапорного насоса подается в гидрораппарат под давлением (2,4—6,4) 10^6 Па. Вытекающая с большой скоростью из сопла, она эжектирует гидромассу из приемной воронки гидрораппарата в диффузор, при ударе о стенки последнего происходит дробление кусков шлака (от 100—140 до 30—40 мм). Для интенсификации процесса дробления шлака к горловине диффузора приваривают стальные ребра. Гидропульпу можно транспортировать на расстояние до 2 км. Пропускная способность гидрораппарата 300—350 т/ч; расход эжектируемой воды на 1 т золы и шлака топливного 15—20 м³, электроэнергии 15—22 кВт·ч.

ГИДРОЗОЛОШЛАКОУДАЛЕНИЕ — процесс непрерывного удаления золы и шлака топливного из котлоагрегатов гидравлич. способом и складирования их на поверхности земли в золоотвалах. Системы Г. должны быть безопасными в экологич. отношении. Наряду с достоинствами — полная механизация процесса Г. и возможность транспортировки на большие расстояния системы Г. имеют недостатки — значит. расход воды на транспортировку золы и шлака, большие амортизаци. расходы и металлоемкость, изъятие значит. площадей земли под золоотвалы, попадание загрязн. сточных вод в водоемы. Г. применяют в котельных при удалении шлака и золы более 10 т/ч при достаточном кол-ве воды и близости золоотвала. В систему Г. входят: шлакоприемные шахты, располож. под холодной воронкой топок с твердым шлакоудалением (шлакосмывные шахты) или под отверстием летки (жидкое шлакоудаление); золосмывные аппараты для удаления золы из-под бункеров котлоагрегата и золоуловителей; железобет. каналы (с установл. в них побудит. соплами для лучшего движения по самотечному каналу

крупных кусков шлака), располож. под уровнем пола золотого помещения для транспортировки гидромассы; перекачивающая насосная станция с багерными насосами или гидрораппаратами системы Москалькова; напорные пульпопроводы; золоотвал. Багерные насосные станции располагают в котельной; размещение вне гл. корпуса требует спец. обоснования. В системе Г. используют насосы: смывные — для подачи воды к побудит. соплам в каналах, на уплотнениях и сальниках багерных насосов и шлакодробилок; орошающие — для подачи воды к устройствам механизиров. шлакоудаления на орошение мокрых золоуловителей, к золосмывным аппаратам.

ГИДРОМУФТА — устройство для управления частотой вращения вентиляторов и др. подобных агрегатов. На валу асинхронного электродвигателя закрепле-



173. Гидромуфта
1, 2 — ведущий и ведомый роторы

на правая (ведущая) половина муфты. Жидкость, находящаяся в ее полукруглых каналах, центробежной силой отбрасывается к периферии. Поэтому муфта практически является подобием рабочего колеса и наз. насосным колесом. Выбрасываемая им жидкость поступает в ведомую половину муфты (турбину), симметрично располож. слева и почти аналогичную по конструкции ведущей половине муфты. Ведомая половина подобна рабочему колесу турбины, движущемуся под действием скоростного давления. При соединении

обеих половин муфты образуются замкнутые кольцевые полости с располож. в них радиальными перегородками, между к-рыми циркулирует жидкость. Пройдя в рабочем колесе турбины от периферии к центру, она вновь поступает в полукруглые каналы ведущей половины муфты и повторяет циркуляцию. Энергия от ведущего вала к ведомому передается жидкой средой (рабочей жидкостью), в качестве к-рой обычно используют масло или воду. Изменение подачи рабочей жидкости в Г. регулирует частоту вращения ведомого вала.

ГИДРООБЕСПЫЛИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ — увлажнение перерабат. измельч. материалов (связывание пыли, заключ. в массу материала) и осаждение взвеш. в воздухе пыли. Г.о. предусматривается в укрытиях оборудования и

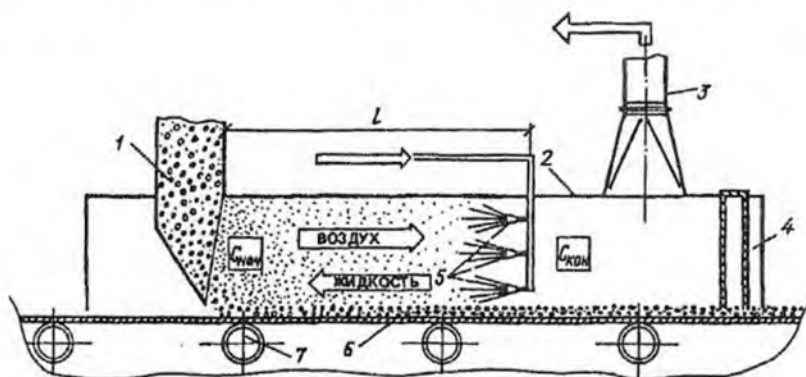
Установка гидрообеспыливания представляет собой устройство, в к-ром происходят процессы увлажнения материалов и осаждения частиц пыли каплями диспергированной жидкости. В него входят также форсунки (миним. давление воды перед форсунками не более $2 \cdot 10^5$ Па) или др. оросители, фильтр тонкой очистки воды, насос, каплеуловитель, бак для воды (резервуарный) и устройство для отвода шлама. Устройство может работать в сочетании с аспирационной установкой и байпасированием воздуха и обслуживать одну (децентрализов. установки) или неск. (централизов. установки) единиц оборудования, объединенных в систему гидрообеспыливания, — комплекс установок гидрообеспыливания, локализирующих и сокращающих образование пыли и выделение ее в воздушную среду помещений. Работают чаще в сочетании с

системами аспирации или без них. В первом случае сокращаются расход аспирируемого воздуха и концентрация пыли в нем, т.е. нагрузка на очистные устройства. См. *Гидрообеспыливание оборудования*.

ГИДРОЦИКЛОН (от греч. *hydro* — вода и *kyklon* — вращающийся) — аппарат для разделения взвеш. в-в во вращающейся в нем жидкости на две фракции по крупности, форме или плотности, для удаления твердых частиц из жидкости (осветление жидкости).

См. также: *Гидроциклон многоярусный, Гидроциклон напорный, Гидроциклон открытый, Гидроциклон-фильтр, Гидроциклон-флотатор*.

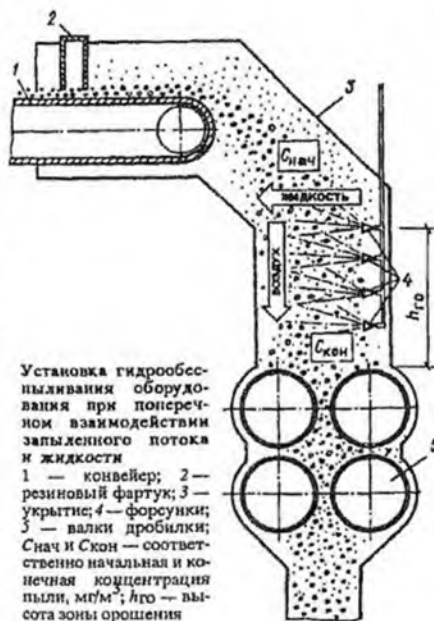
ГИДРОЦИКЛОН МНОГОЯРУСНЫЙ открытый аппарат для очистки воды от взвеш. в-в, объем к-рого разделен на ярусы коническими диафрагмами. Исходный поток воды, впускаемый тангенц., делится равномерно между ярусами. В Г.м. совмещены преимущества гидроциклона открытого и отстойника тонкослойного. Интенсификация процесса выделения взвеш. в-в в Г.м. достигается за счет уменьшения высоты слоя отстаивания. Вращат. движение потока воды позволяет полностью использовать объем яруса и способствует агломерации взвеш. в-в и выводу их из воды. В отечеств. практике получили применение две конструкции Г.м.: с прямоточным движением потока воды и осадка и прямоточно-противоточным. Г.м., работающий по прямоточной схеме, состоит из цилиндрико-конич. корпуса, в к-рый вмонтированы конич. диафрагмы, делящие его объем на отд. ярусы, работающие независимо один от другого. Для соблюдения параллельности ярусов и жесткости конструкции диафрагмы по периферии имеют шесть опор-фиксаторов. В средней части соединения ярусов телескопическое, что облегчает монтаж и демонтаж аппарата. Исходную воду впускают через три общие для всех ярусов вертикал. щели, располагаемые по окружности через 120° . Вода по высоте щели распределяется аванкамерой с распределит. лопатками. Рабочий поток, впускаемый тангенциально, движется в ярусе по сходящейся спирали и выходит в центр. часть через три выпускных патрубка. Тяжелые механич. примеси осаждаются на нижней диафрагме яруса и сползают в центр. часть, откуда через шлам-отводящую щель поступают в конич. часть аппарата. Для надежного удаления осадка угол наклона конич. диафрагмы должен находиться в пределах $45-60^\circ$. Для предупреждения подсоса сползающего осадка потоком осветленной воды, подходящим к выпускным патрубкам, последние перекрывают снизу малой конич. диафрагмой.



Установка гидрообеспыливания оборудования при встречном взаимодействии запыленного потока воздуха и жидкости

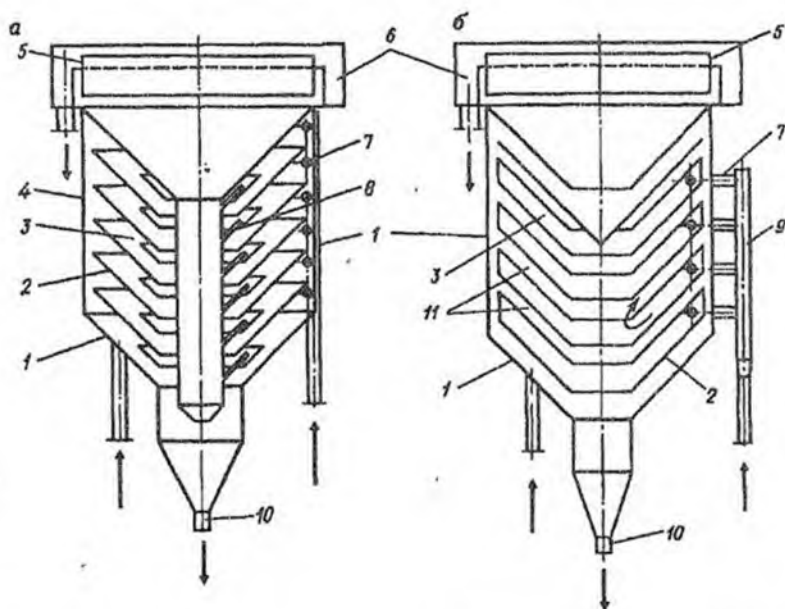
1 — желоб; 2 — аспирация, укрытие; 3 — аспирация, патрубок; 4 — резиновый фартук; 5 — форсунки; 6 — конвейер; 7 — ролики; Снач и Скон — соответственно начальная и конечная концентрация пыли, мг/м³; L — протяженность зоны орошения

улах перегрузок материалов и осуществляется диспергированием жидкости (воды) в форсунках или др. оросителях. Степень увлажнения материалов зависит от рациона. расположения форсунок, уд. орошения единицы массы материала, оптим. сочетания физ.-хим. параметров материала и жидкости и возможна до определ. влажности материалов (0,8—23,7% при разл. технологиях произ-ва). Процесс гидрообеспыливания, осуществляемый в установках либо в системах гидрообеспыливания, зависит от аэродинамики взаимодействия частиц пыли и капель жидкости и их физ.-хим. свойств. В общем случае его применяют в сочетании с аспирацией, при этом наблюдаются встречные и поперечные взаимодействия потоков запыл. воздуха и жидкости.



Установка гидрообеспыливания оборудования при поперечном взаимодействии запыленного потока и жидкости

1 — конвейер; 2 — резиновый фартук; 3 — укрытие; 4 — форсунки; 5 — валки дробилки; Снач и Скон — соответственно начальная и конечная концентрация пыли, мг/м³; Hго — высота зоны орошения



Гидроциклон многоярусный

а — прямооточный; б — прямооточно-противоточный; 1 — конич. часть; 2 — конич. диафрагма; 3 — прямооточный ярус; 4 — цилиндрич. часть; 5 — полупогруженная кольцевая перегородка; 6 — водоприемный кольцевой лоток; 7 — впускной патрубок; 8 — патрубок выпуска осветленной воды; 9 — аванкамера; 10 — шламовый насадок; 11 — противоточный ярус

Выделенные из воды масло- и нефтепродукты поднимаются к верхним диафрагмам ярусов и по образующей движутся к периферии. Здесь через щели между цилиндрич. частью корпуса Г.м. и диафрагмами они поднимаются под верхнюю диафрагму, присоединенную герметично к корпусу, и через три вертикал. трубы всплывают на поверхность воды в Г.м. Потоки осветл. воды, вышедшие из ярусов, объединяются в один поток, к-рый поднимается в верхнюю часть Г.м. Здесь он направляется к периферии, проходит под полупогруж. перегородкой, удерживающей всплывшие масло- и нефтепродукты, и переливается через водослив в водосборный лоток, из к-рого отводится трубопроводом на след. сооружение.

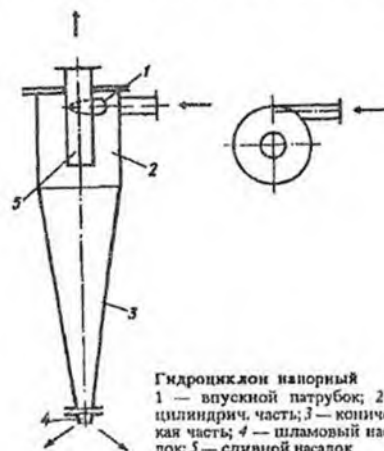
Отличие Г.м., работающего по прямооточно-противоточной схеме, заключается в увеличении пути движения потока воды: в начале от периферии в центр. часть в одном ярусе, затем из центр. части к периферии в другом, располож. выше ярусе. В этом случае поток исходной воды, распределенный по высоте в аванкамере, подается через впускные патрубки в ярусы, имеющие самостоят. цилиндрич. стенку, расположенную на нек-ром расстоянии от наружной стенки Г.м. и образующую с ней кольце-

вую периферийную щель. Ярусы с прямооточным движением воды и осадка, расположенные по высоте на небольшом расстоянии один от другого, образуют др. ярусы, работающие по противоточной схеме. В них движется рабочий поток воды, частично осветленной в прямооточных ярусах, выходя из противоточных ярусов, потоки осветл. воды объединяются в один, к-рый в кольцевой периферийной щели между корпусом Г.м. и диафрагмами поднимается под верхнюю диафрагму, перекрывающую ярусное пространство. Под ней поток направляется к центр. отверстию, входит в верхнюю часть аппарата и выходит из него, переливаясь через водослив в водосборный лоток. Предупреждение размыва осадка, сползающего с диафрагм в противоточном ярусе при перетоке воды из нижнего прямооточного в лежащий ниже противоточный ярус, обеспечивается снижением гидравлич. нагрузки на центр. часть Г.м. Это достигается в результате устройства перепускных стояков труб из нижнего яруса в верхний. Осадок из Г.м. направляется через шламовый патрубок в воронку или шламоотводящий лоток. Для регулирования кол-ва осадка к патрубку через задвижку присоединяют конич. насадку. Диаметр отверстия в ней подбирают экспериментально. Масло- и нефтепродукты, накопившиеся в пространстве, ограниченном полупогруженной кольцевой перегородкой, удаляются через погружные воронки либо через маслоотборный радиальный лоток, к к-рому плавающее масло подгоняется радиально располож. скребком с ручным или электроприводом.

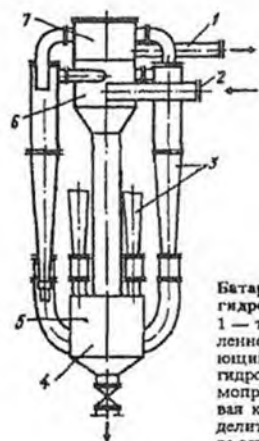
Г.м. рекомендуется располагать на

эстакаде — в р-нах с теплым климатом или в здании — в сев. р-нах. При подаче в них теплой воды цилиндрич. часть их может находиться на крыше здания. В этом же здании целесообразно разместить насосную станцию и оборудование для обработки осадка. Высотное расположение Г.м. обеспечивает самотечные режимы подачи осветл. воды на последующие сооружения и транспортировку выделенных осадка, масло- и нефтепродуктов на обработку.

ГИДРОЦИКЛОН НАПОРНЫЙ — аппарат круглой формы в плане для выделения взвеш. в-в из жидкости под действием центробежных сил, возникающих вследствие тангенциального впуска ее в аппарат. Центробежные силы во много раз превосходят

Гидроциклон напорный
1 — впускной патрубок; 2 — цилиндрич. часть; 3 — коническая часть; 4 — шламовый насадок; 5 — сливной насадок

силы тяжести, поэтому скорость выделения взвеш. в-в в Г.н. в несколько раз больше, чем в отстойнике. Г.н. обеспечивает примерно ту же степень очистки, но имеет значительно меньший объем по сравнению с отстойниками. Г.н. состоит из цилиндрич. и конич. частей. Вращающаяся жидкость движется в периферийной зоне аппарата, при этом под действием центробежных сил взвеш. в-ва с большей плотностью перемещаются в пристенный слой. В конич. части поток жидкости разделяется. Одна его часть, в к-рой находятся выделенные взвеш. в-ва, выводится из Г.н. через нижнее разгрузочное отверстие — шламовый насадок. Другая — осветл. часть потока, вращаясь в центр. части, движется вверх к сливному патрубку, через к-рый удаляется из Г.н. При вращении воды в Г.н. по оси наблюдаются разрежение и возникновение воздушного столба, к-рый "подпитывается" воздухом, подсасываемым через шламовый патрубок, и ухудшает работу аппарата.



Батарейный гидроциклон
1 — трубопровод осветленной воды; 2 — подающий трубопровод; 3 — гидроциклон; 4 — шламопровод; 5 — шламовая камера; 6 — распределит. камера; 7 — камера осветленной воды



Трехпродуктовый гидроциклон
1 — подача исходной воды; 2 — отвод тяжелого шлама; 3 — отвод очищенной воды; 4 — отвод легкого продукта (масла)

Эффективность разделения взвеш. в-в в Г.н. зависит от его геометрич. размеров и качества разделяемых взвеш. в-в. Так, с уменьшением диаметра Г.н. эффективность очистки воды увеличивается. Вместе с тем Г.н. малых диаметров имеют незначит. пропускную способность, поэтому для обработки одного и того же объема воды требуется большее их число. Для повышения компактности установки Г.н. малых диаметров группируют в блоки, получившие наз. мультициклоны, или батарейные гидроциклоны. За рубежом выпускают батареи, объединяющие более сотни Г.н. В нашей стране мультициклоны состоят из 25 Г.н. диаметром 20 и 40 мм. При осветлении воды в Г.н. угол конусности рекомендуется принимать равным 10 или 5°.

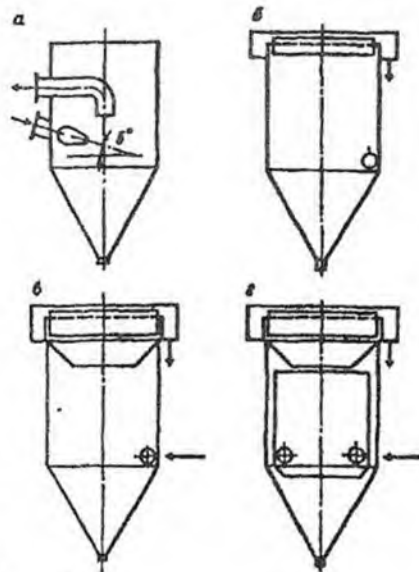
В ряде случаев несколько Г.н. рекомендуется герметично присоединять к шламовой камере, прочность к-рой должна быть рассчитана на давление перед Г.н. Воздушный столб в Г.н. в этом случае может исчезать, что положительно сказывается на его работе.

Г.н. можно использовать для выделения крупнодисперсных загрязнений с плотностью, меньшей плотности воды: жиров, масел и нефтепродуктов. Выделение "легкого" продукта в Г.н. происходит в центр. части. Поэтому

сливной патрубком принимают увеличенной длины, по оси в верхней части патрубка располагают дополнил. патрубок для отвода третьего продукта. Такие Г.н. получили наз. трехпродуктовых (вода — взвеш. в-ва — легкие продукты).

С помощью Г.н. можно успешно решать многие технологич. задачи: осветление сточных вод, напр. стекольных, фарфоровых производств (удаление песка, глины и т.п.), нефтепромыслов (извлечение нефти), мясокомбинатов (удаление жира, тяжелых загрязнений) и природной воды, забираемой из поверхностных источников; обогащение твердой фазы осадка сточных вод, напр. выделение карборунда из откачиваемого шлама сточных вод керамич. заводов, инертных загрязнений из известкового молока, абразивных загрязнений из осадка сточных вод перед подачей его для обезвоживания на шнековые центрифуги; сгущение сточных вод и выделение на очистных сооружениях осадков, отмывки от органич. в-в и нефтепродуктов песка, удаляемого гидроэлеваторами из песколовок; сгущение минер. осадка сточных вод перед его дальнейшим обезвоживанием. Гидроциклоны можно применять для защиты насоса от абразивного износа при перекачке им воды, содержащей взвеш. в-ва с абразивными свойствами. В этом случае Г.н. присоединяют к всасывающему патрубку насоса с помощью сливного патрубка, а воду забирают через впускной патрубков гидроциклона. Такие Г.н. получили наз. вакуумных.

ГИДРОЦИКЛОН ОТКРЫТЫЙ — аппарат круглой формы в плане для выделения взвеш. в-в под действием силы тяжести из вращающегося потока жидкости. Вращение жидкости возникает вследствие тангенциального выпуска ее в аппарат. Вращательное движение воды интенсифицирует агломерацию взвеш. в-в и выделение их из жидкости. Г.о. применяют для выделения из воды крупнодисперсных примесей (размером более 100 мкм). Этот аппарат может выполнять функции песколовки на городских очистных сооружениях или первичного отстойника при очистке сточных вод нек-рых произ-в. Конич. диафрагма, установленная в верхней части Г.о., предназначена для предотвращения выноса взвеш. в-в, осн. масса к-рых движется в пристенной зоне поднимающегося потока воды. Г.о. с диафрагмой применяют для очистки коагулированных сточных вод, газоочистки металлургич. произ-в. Более эффективна конструкция Г.о. с конич. диафрагмой и внутр. цилиндром. Исходная вода подается тангенциально через два диаметрально противоположных

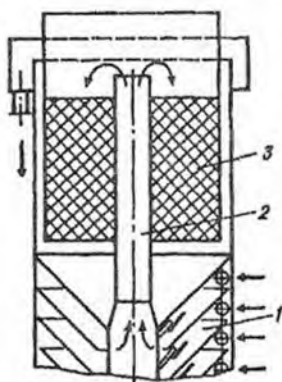


Гидроциклон открытый
а — конструкции ДАЛЬСТРОМ; б — простейшей конструкции; в — с конической диафрагмой; г — с конической диафрагмой и внутренним цилиндром

впуска и пространство, огранич. внутр. цилиндром. Во внутр. цилиндре образуется замкнутый циркуляц. поток воды, направл. вверх, а в пространстве между цилиндром и корпусом — направл. вниз. С этим потоком транспортируются в конич. часть взвеш. в-ва, движущиеся в пристенной зоне потока, и выводятся из Г.о.

Одно из достоинств Г.о. — неск. большая, чем у отстойников, уд. пропускная способность, что определяет их меньший объем и большую компактность. Расположение Г.о. на эстакаде, над уровнем земли, обеспечивает самоотечный режим удаления выделенных взвеш. в-в и подачи их на последующие сооружения. Г.о. могут применяться в схемах очистки сточных вод автотранспортных предприятий, з-дов железобет. изделий, авторемонтных з-дов и др. произ-в, сточные воды к-рых загрязнены крупнодисперсными примесями.

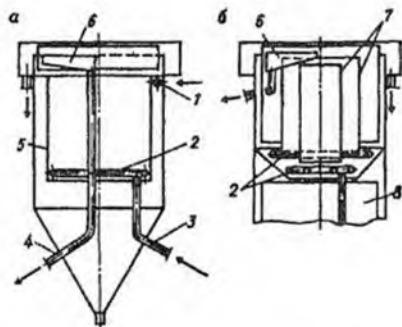
ГИДРОЦИКЛОН-ФИЛЬТР — комбиниров. сооружение, в к-ром обеспечивается глубокая степень очистки воды, загрязненной взвеш. в-вами разного дисперсного состава. В качестве фильтрующего материала может применяться любой материал, используемый для фильтрования: песок, керамзит, горелые породы, шунгезит и т.д. Для регенерации загрузки корзину фильтра с помощью подъемного механизма



Гидроциклон-фильтр
1 — многоярусный гидроциклон; 2 — центр. труба; 3 — фильтров. загрузка

вынимают из Г.-ф. и помещают в резервуар с водой, барботируемой сжатым воздухом.

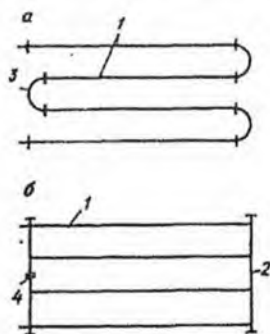
ГИДРОЦИКЛОН-ФЛОТАТОР,
ф л о т о ц и к л о н — комбинированный аппарат для очистки сточных вод, в котором открыт многоярусный гидроциклон совмещен с флотатором, при этом верхняя часть аппарата над конической диафрагмой



Гидроциклон-флотатор
а — конструкции Л.Д. Субботкина; б — конструкции ВОДГЕО; 1 — подающий патрубков; 2 — перфорир. трубопровод водовоздушной смеси; 3 — подача водовоздушной смеси; 4 — маслопровод; 5 — внутренний цилиндр; 6 — маслопровод; 7 — коаксиальные цилиндры; 8 — гидроциклон с конической диафрагмой и внутренним цилиндром

мой выполняет роль флотокамеры. Конструктивные размеры верхней части Г.-ф. определяют исходя из расхода воды, продолжительности процесса флотокамеры и коэффициента использования объема флотокамеры.

ГЛАДКОТРУБНЫЙ ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР — прибор конвективно-радиационного вида, состоящий из



Формы соединения стальных труб
а — змеевиковая; б — регистровая; 1 — нитка; 2 — колонка; 3 — калач; 4 — заглушка

неск. соедин. вместе труб диаметром 32—100 мм, образующих каналы для теплоносителя змеевиковой или регистровой формы. Трубы сваривают на расстоянии одна от др., превышающем на 50 мм их наружный диаметр. Г.о.п. характеризуется относительно высоким коэффициентом теплопередачи, его пылесобирающая поверхность невелика и легко очищается от пыли. Вместе с тем для изготовления Г.о.п. расходуется много стали, он громоздок и внешне непривлекателен. Применяется сравнительно редко (напр., при значит. выделении пыли в помещении).

ГЛУБОКАЯ ОЧИСТКА ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ СОРБЦИЕЙ — удаление из сточных вод нефтепродуктов, находящихся в них в истинно растворенной, эмульгированной и коллоидной формах, а также в виде капель и пленок с помощью активированного угля и др. сорбентов. Г.о.п. обеспечивает удаление эмульгированных, коллоидных и осн. части истинно растворенных нефтепродуктов, уменьшая их концентрацию до 0,5 (0,3)—0,05 (0,02) мг/л. При данном виде очистки от эмульгированных и коллоидных нефтепродуктов до остаточных концентраций не ниже 0,3—0,5 мг/л применяют макропористые углеродные и углеминер. сорбенты ДАК, БКЗ, МИУ и некоторые местные материалы. Извлечение названных нефтепродуктов сорбентами происходит по механизму адгезии и адсорбции ассоциатов, поэтому сорб. емкость сорбентов пропорциональна площади поверхности их пор и достигает 50—100 (300) мг нефтепродуктов на 1 г сорбентов. Очистка воды происходит на обычных скорых механ. фильтрах в режиме фильтрации через слой сорбента высотой 1,0—2,5 м со скоростью 5—10 м/ч. Регенерация сорбентов осуществляется обратной промывкой горячей (60—80°C) водой или пропариванием (110—160°C).

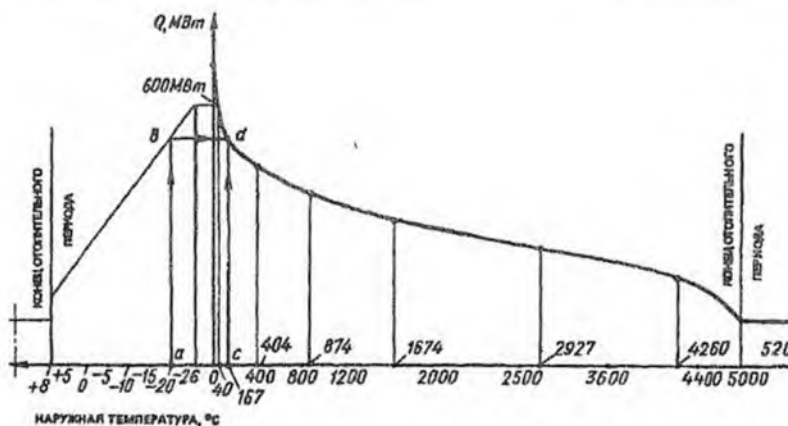
Истинно растворенные нефтепродукты (до остаточной концентрации 0,02—

0,5 мг/л) извлекаются из воды лишь в процессе адсорбции на мезо- и микропористых сорбентах БАУ, ДАК-П, АГ-3 и др. Учитывая широкий спектр компонентов углеводородов в реальных водах, сорбенты, содержащие лишь микропоры, менее эффективны. При глубокой очистке вод преимущественно сорбируются углеводороды ароматич. ряда (C₈—C₂₅), остаточное кол-во НП-1 истинно растворенных нефтепродуктов, как правило, представлено тяжелыми нормальными парафинами (C₂₀—C₃₀). Достижение остаточных концентраций нефтепродуктов менее 0,1—0,3 мг/л возможно лишь при глубоком осветлении воды перед сорбцией до содержания примесей не более 2—3 мг/л. Сорб. емкость сорбента по истинно растворенным нефтепродуктам зависит от объемов микро-, супермикро- и мезопор сорбента, ширины его микропор и составляет около 3—10 мг нефтепродуктов на 1 г активного угля. Следовательно, расход последнего для глубокой доочистки воды от нефтепродуктов (до 0,02—0,05 мг/л) составляет около 0,05—0,5 кг на 1 м³ воды и зависит от концентрации в ней нефтепродуктов.

Адсорбция органич. в-в растет по мере снижения растворимости сорбируемого в-ва, вследствие чего глубокая доочистка холодных и соленых (п.т.ч. балластных) вод от нефтепродуктов в целом более эффективна. Она возможна на гранулированных активированных углях в режиме фильтрации (слой толщиной 2—5 м, скорость 5—10 м/ч) или с применением порошкообразных активированных углей (на намышенных фильтрах).

При сорбции истинно растворенных нефтепродуктов до остаточного содержания ниже 0,3—0,5 мг/л регенерация активного угля при очистке воды путем промывки горячей водой малоэффективна (необходимо пропаривание или термич. регенерация). Получение остаточных концентраций нефтепродуктов около 0,02—0,05 мг/л возможно лишь при термич. или электротермич. регенерации сорбентов, или сочетании термич. и тепловой. Отрицат. фактором при повторном использовании гранулир. активированных углей является наличие гидроксидов и карбонатов тяжелых металлов и кальция, накапливающихся на сорбенте и требующих удаления их хим. обработкой сорбента перед его термич. (электротермич.) регенерацией.

ГОДОВОЙ ГРАФИК ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СПРОСА ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК — график, связывающий тепловую нагрузку с необходимым временем ее поддержания. Т.к. суммарная тепловая нагрузка на отопит. вентиляц. нужды и горячее водоснабжение изменяется непрерывно, график



Годовой график продолжительности спроса тепловых нагрузок
 а—b—d и a—d — для -20°C и 167 ч

строится по периодам, в течение к-рых расход теплоты не ниже определ. значения, в результате этого за отопит. сезон или за год тепловые нагрузки будут располагаться в порядке убывания. График строит по суммарной мощности, к-рую обеспечивает источник теплоты.

Ось времени разбивается на отрезки, каждому из к-рых соответствует определ. диапазон наружных темп-р, располагаемых в порядке возрастания. Отрезок соответствует числу часов повторяемости темп-р не выше граничного значения (эти данные приводятся в справочниках). Каждому временному отрезку соответствуют тепловые нагрузки не ниже граничного значения. Распределяя все расходы теплоты по временным отрезкам, строят Г.г.п.с.т.н. От начала координат по оси абсцисс влево откладывают наружные темп-ры в порядке возрастания, захватывая весь диапазон темп-р для данного р-на, вправо — отрезки времени, в течение к-рых наружная темп-ра была не выше наибольшего значения для данного отрезка времени, включая повторяемость граничного — наибольшего значения темп-ры. Отрезок времени определяется шагом темп-р (обычно $5-10^{\circ}\text{C}$). По оси ординат откладывают тепловые нагрузки: слева — в зависимости от темп-ры наружного воздуха, справа — вытянутые во времени. В примере (для Москвы) макс. расход 600 МВт при $t_{\text{н.о}} = -26^{\circ}\text{C}$, миним. — 150 МВт в конце отопит. сезона, составляющего 213 сут. Интервалы темп-р — 5°C . Длительности интервалов $t_{\text{ит}}$, включая большую (крайнюю для отрезка времени) темп-ру t , приведены ниже.

По оси абсцисс влево от начала координат отложены наружные темп-ры от расчетного значения $t_{\text{н.о}} = -26^{\circ}\text{C}$ через каждые 5° до $+8^{\circ}\text{C}$. В зависимости от этих темп-р по оси ординат отложены потребные расходы теплоты (спрос потребителей на теплоту). Справа от начала координат по оси абсцисс отложено время, ч. Каждому интервалу темп-р, напр. $-26, -20^{\circ}\text{C}$, включая -20°C , соответствует интервал, ч, в течение к-рого встречаются эти темп-ры. Этот интервал составляет 127 ч (по таблице время повторяемости темп-р ниже -20°C — 167 ч, из них ниже -26°C — 40 ч). Переноса из графика расходов теплоты тепловую нагрузку, соответствующую -20°C , на график продолжительности, в точке пересечения с линией, восстановл. из оси абсцисс с координатой в 167 ч, получают ее проецирование. Соединив все точки, соответствующие потребным тепловым нагрузкам для границ интервалов времени плавной линией, получают график продолжительности спроса тепловых нагрузок. Первая точка графика соответствует расчетным условиям. Для Москвы $t_{\text{н.о}}$ равна -26°C , а повторяемость нагрузок не ниже той, к-рая соответствует -26°C , составляет 40 ч. Следовательно, первая точка, соответствующая макс. нагрузке, будет отстоять от начала координат на 40 ч, в течение к-рых потребители нуждаются в более высоких тепловых нагрузках, чем расчетная. Эти нагрузки не обеспечены (на схеме они показаны пунктирной линией, а их недостающий объем, МВтч, заштрихован). Степень обеспеченности макс. тепловых

нагрузок обуславливается нормиров. значением расчетной наружной темп-ры.

Площадь под кривой продолжительности тепловых нагрузок определяет общее кол-во теплоты, потребл. за весь период. Построение этой площади с ординатой, равной макс. нагрузке, показывает время (по оси абсцисс), в течение к-рого вырабатывается вся нагрузка. Его наз. числом часов использования максимума. Чем больше это число, тем равномернее расходуется теплота потребителями в рассматриваемый период.

Г.г.п.с.т.н. связывают расходы теплоты с необходимым временем их поддержания и используются при выборе оборудования источников теплоты, режима загрузки агрегатов, параметров теплоносителя при теплофикации и при решении ряда др. задач. Базовую часть тепловой нагрузки покрывают наиболее экономичными агрегатами, обеспечивая наибольшую длительность их работы. На ТЭЦ базовую часть обеспечивают паром из отборов турбин, а пиковую — спец. пиковыми котлами.

ГОДОВОЙ РАСХОД ГАЗА — показатель, служащий основой для разработки проекта газоснабжения города или поселка. Расчет Г.р.г. производится по нормам на конец расчетного периода с учетом перспектив развития городских потребителей газа. Расчетный период определяется планом развития города или поселка. Различают следующие виды потребления газа: в квартирах; в коммунал. и обществ. учреждениях; на отопление и вентиляцию зданий; пром. предприятиях. Расход газа на бытовые, коммунал. и обществ. нужды зависит от ряда факторов: газоборудования, благоустройства и населенности квартир, газоборудования гор. учреждений и предприятий, степени обслуживания населения этими учреждениями и предприятиями, охвата потребителей *центральных систем горячего водоснабжения* и от климатич. условий. Большинство этих факторов учесть с необходимой точностью не удается, поэтому нормы расхода разрабатываются на основании опытных данных по потреблению газа и их статистич. анализу. Особенно трудно нормировать расход газа в квартирах, т.к. он зависит от степени обслуживания гор. жителей коммунал. услугами: столовыми, буфетами, кафе, ресторанами, прачечными, банями и др. предприятиями. Нормы учитывают средние условия. Для достижения необходимой точности расчета их периодически корректируют на осно-

$t, ^{\circ}\text{C}$	ниже -35	-35...-30	-30...-25	-25...-20	-20...-15	-15...-10	10...-5	-5...0	0...5	5...8
т, ч	3	12	31	121	237	470	800	1253	1333	660

вании анализа фактич. потребления с учетом перспектив развития гор. застройки и предприятий обслуживания населения. В стрит. нормах и правилах (СНиП) приводятся нормы Г.р.г. в жилых зданиях, коммунально-бытовых и обществ. предприятиях. Указываются они по расходу теплоты в газе (с учетом кпд газоиспользующих установок), отнесенному к 1 человеку или условной единице. Так, расход газа на хлебозаводах и пекарнях отнесен к 1 т изделий, в больницах — к 1 больничной койке. Поэтому для расчета Г.р.г. необходимо определить кол-во условных единиц в городе (напр., объем потребляемого хлеба в т или кол-вооек во всех больницах) по фактич. данным с учетом развития города, а при их отсутствии — по градостроит. нормам. Для расчета Г.р.г. на бани, прачечные, столовые и рестораны следует знать степень охвата населения услугами этих предприятий, имея в виду, что часть из них могут использовать др. виды энергии — твердое топливо или жидкое котельное топливо, пар или горячую воду от ТЭЦ, электрич. энергию. Какая-то часть квартир также может быть оборудована электроплитами. Методику расчета расхода теплоты на отопление и вентиляцию зданий см. *Расход теплоты в системах теплоснабжения*. Зная расход теплоты, определяют расход газа с учетом кпд источника теплоты. Расходы газа промышленью определяют по каждому конкретному предприятию. При переводе на газовое топливо предприятий исходят из потребления ими топлива, которым они пользовались до перевода на газ, с учетом изменения кпд. При перерасчете следует учитывать возможность улучшения технологии и соответствующего сокращения расхода газа ввиду его высокого качества. Для вновь строящихся предприятий используют данные проектов.

ГОДОВЫЕ РАСХОДЫ ТЕПЛОТЫ — сумма расходов теплоты для всех режимов потребления в течение года. Для ее расчета необходимо знать связь потребляемой мощности с определяющим параметром, к-рым для *отопления и вентиляции* является темп-ра наружного воздуха. Для горячего водоснабжения такой связи нет, и различают только два режима — зимний и летний. Г.р.г. на отопление и вентиляцию жилых зданий определяют как расход на теплопотери через наружные ограждения и на инфильтрацию минус внутр. тепловыделение. Первая осн. составляющая пропорциональна разности темп-р. Она определяется произведением средней мощности, к-рую находят пересчетом макс. (расчетной) на среднюю за *отопительный сезон* на длительность отопит. периода. Мощность внутр. тепло-

выделений не зависит от наружной темп-ры, поэтому ее умножают на длительность отопит. сезона. Годовой расход теплоты $Q_{г}^{\text{ж}}$, Вт·ч, равен: $Q_{г}^{\text{ж}} = Q_{\text{от}}^{\text{ж}} [(t_{\text{в}}^{\text{ж}} - t_{\text{н.о}}^{\text{ж}}) / (t_{\text{в}}^{\text{ж}} - t_{\text{н.о}}^{\text{ж}})] n_{\text{от}} 24 + q_{\text{тв}} F_{\text{ж}} n_{\text{от}} 24$, где $Q_{\text{от}}^{\text{ж}}$ — макс. расход теплоты на *теплопотери* и инфильтрацию жилого здания, Вт; $q_{\text{тв}}$ — уд. тепловыделения, Вт/м²; $F_{\text{ж}}$ — жилая площадь здания, м²; $t_{\text{в}}^{\text{ж}}$, $t_{\text{н.о}}^{\text{ж}}$ и $t_{\text{в}}^{\text{ж}}$ — расчетная и средняя за отопит. сезон темп-ра наружного воздуха, расчетная темп-ра внутр. воздуха, °С; $n_{\text{от}}$ — длительность отопит. сезона, сут. Среднюю темп-ру наружного воздуха и длительность отопит. сезона берут из климатологич. справочников.

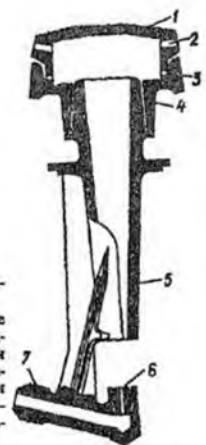
Годовой расход теплоты на отопление и вентиляцию обществ. зданий $Q_{г}^{\text{об}}$, Вт·ч, определяют по ф-ле $Q_{г}^{\text{об}} = Q_{\text{от}} [(t_{\text{в}}^{\text{об}} - t_{\text{н.о}}^{\text{об}}) / (t_{\text{в}}^{\text{об}} - t_{\text{н.о}}^{\text{об}})] n_{\text{от}} 24 + Q_{\text{в}} (t_{\text{в}}^{\text{об}} + t_{\text{н.о}}^{\text{об}}) / (t_{\text{в}}^{\text{об}} - t_{\text{н.о}}^{\text{об}})] n_{\text{от}} 16$, где $Q_{\text{от}}$ и $Q_{\text{в}}$ — макс. расходы теплоты на отопление и вентиляцию обществ. здания, Вт; 16 — число часов работы вентиляции в 1 сут.

Г.р.г. на горячее водоснабжение жилых и обществ. зданий рассчитывают по ф-ле $Q_{г}^{\text{г.в.}} = Q_{\text{сп}} n_{\text{о}} 24 + Q_{\text{сп}}^{\text{л}} (350 - n_{\text{о}}) 24$, где $Q_{\text{сп}}$ и $Q_{\text{сп}}^{\text{л}}$ — средние расходы теплоты на горячее водоснабжение в зимний (отопит. сезон) и летний периоды, Вт; 350 — число суток работы *системы горячего водоснабжения* в году.

ГОРЕЛКА АТМОСФЕРНАЯ — горелка с предварит. смешением газа с частью воздуха; относится к классу *эжекционных горелок*, работающих при атм. давлении или разрежении в *топке* до 20 Па. Г.а. состоит из газового сопла, эжект. смесителя, головки с большим числом отверстий и регулятора первичного воздуха. Предварит. смешение газа с частью воздуха, необходимого для горения и наз. первичным, осуществляется в эжект. смесителе, куда первичный воздух эжектируется струей газа. Оттуда смесь с равномерными полями концентраций топлива и окислителя под избыточным давлением поступает в головку Г.а. Из нее газозоудная смесь истекает через отверстия со скоростью, обеспечивающей устойчивое горение. Часть воздуха, необходимая для полного сгорания газа и наз. вторичным воздухом, поступает к пламени непосредственно из окружающей среды за счет диффузии и эжектирующего действия истекающих струй. Пламя Г.а. имеет 2 конуса: внутр. ярко очерченный, зелено-голубого цвета и внешн., имеющий неск. размытые контуры и бледно-фиолетовый цвет. Во внутр. конусе выгорает та часть газа, к-рая обеспечена первичным воздухом (газ сгорает кинетич. пламенем).

Внешн. конус представляет собой пламя диффуз. типа. Г.а. работает с коэфф. первичного воздуха $\alpha' = 0,45 \dots 0,7$. Для обеспечения полного сгорания газа в зависимости от условий работы Г.а. коэфф. избытка воздуха колеблется в пределах 1,3—1,8. Головка обычно представляет собой коллектор с большим числом выходных отверстий. Конструкция головок конфорочных горелок *газовых плит* соответствует посуде, к-рая устанавливается на них, а горелок водонагревателей, кипятильников, котлов и т.д. — габаритам топок этих агрегатов и условиям работы в них. Головка Г.а. расположена в топке так, чтобы к ней были обеспечены подвод необходимого вторичного воздуха, норм. развитие конуса пламени и отвод продуктов сгорания газа. Высоту топочной камеры проектируют такой, чтобы внутр. конус пламени не соприкасался с холодными поверхностями нагрева, т.к. это приводит к хим. неполноте сгорания газа и к появлению в продуктах сгорания оксида углерода (СО). Высота внутр. конуса пламени зависит от состава газа, коэфф. первичного воздуха, скорости выхода газозоудной смеси и диаметра выходных отверстий. Для обеспечения стабильного разрежения в плоскости головки Г.а., установл. в топках агрегатов, оборудуют тягопрерывателями (см. *Тягопрерыватель*).

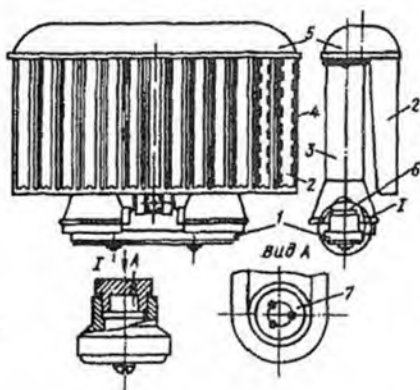
Достоинства Г.а.: простота конструкции и надежности работы, возможность работы при низком давлении газа; отсутствие необходимости в подаче воздуха под давлением; устойчивая работа в широком диапазоне изменения тепловой мощности; бесшумность. Г.а., как правило, работают на газе низкого давления и применяются в бытовых газовых аппаратах (плитах, водонагревателях), в тепловых установках обществ. питания (ресторанные плиты, кипятильники), в лабораторной практике, в чугунных отопит. котлах и сушилах.



Конфорочная горелка газовой плиты
1 — крышка; 2 — основные отверстия; 3 — вспомогательные отверстия стабилизирующего пламени; 4, 5 — огневой и вертикальный насадки; 6 — сопло; 7 — присоединительный патрубок с резьбой

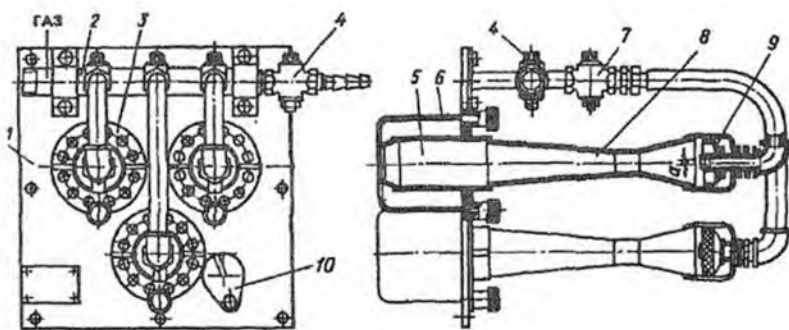
Конфорочная горелка стола газовой плиты ПГЧ-К модель 1445 предназначена для сжигания природных и сжиж. углеводородных газов, снабжена вертик. литым смесителем, на к-ром имеется резьба под накидную гайку для соединения с газопроводом плиты и установки сопла. В ней предусмотрено 2 ряда отверстий с размерами и шагом, предотвращающими слияние язычков пламени. Верхний ряд отверстий — осн., нижний — для создания стабилизирующего пламени (для повышения устойчивости горения).

Горелка газовых проточных водонагревателей ВПГ-18 имеет повыш. эжекц. способность, предназначена для сжигания природных и сжиж. углеводородных газов. Имеет 2 эжекц. трубки, к-рые присоединены к общему распределит.



Основная горелка газовых проточных водонагревателей
1 — газопроводящий коллектор; 2 — распределительный патрубок головки горелки; 3 — эжекционный смеситель; 4 — щелевые отверстия; 5 — распределительный коллектор; 6 — газовое сопло с тремя отверстиями; 7 — газовые отверстия

коллектору. Газ в каждую эжекц. трубку подают через сопло с тремя отверстиями. Такая конструкция позволяет сократить размеры эжекц. смесителя и одновременно увеличить коэфф. первичного воздуха α' до 0,75. К распределит. коллектору присоединена головка горелки, состоящая из 13 трубок с щелевыми отверстиями, располож. вдоль продольной оси по краям каждой трубки в 2 ряда. Щели для выхода газозвушной смеси образованы за счет вырезов в стальных пластинах, вставляемых в верхнюю часть трубок. Стальная пластина обеспечивает необходимую термостойкость горелки. Устойчивость горения в отношении отрыва обеспечивается малыми скоростями истечения газозвушной смеси из отверстий и взаимным поджиганием факелов, а в отношении проскака — докритической шириной щели. Эти горелки могут использоваться в

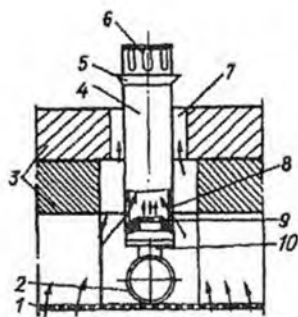


Эжекционная горелка ГГИ
1 — фронтонная плита; 2 — газопровод; 3 — поворотная заслонка с отверстиями для регулирования подачи вторичного воздуха; 4 — штуцер с краном для присоединения манометра; 5 — головки горелки; 6 — кожух для подачи вторичного воздуха; 7 — рабочий кран; 8 — эжекционный смеситель; 9 — воздушная заслонка первичного воздуха; 10 — отверстие с крышкой для запальной горелки и наблюдения за горением

кипяильниках, дистилляторах, варочных котлах и др. установках с близкой тепловой мощностью.

Эжекц. горелка ГГИ предназначена для сжигания природного и сжиж. углеводородных газов в топках ресторанных плит, пищеvarочных котлов, хлебопекарных печей, сушилок и др. газоиспользующих агрегатов, работающих под разрежением. Разработаны 3 газогорелочных блока: ГГИ-2 с одной, ГГИ-4 с двумя, ГГИ-6 и ГГИ-10 с тремя горелками. Особенность ее в том, что головка имеет не коллектор с большим числом отверстий, а конич. трубку с одним отверстием большого диаметра. В результате значит. удлиняется пламя горелки. Из-за разрежения в топке вторичный воздух по кольцевому каналу между головкой и спец. кожухом поступает к корню факела. У горелки предус-

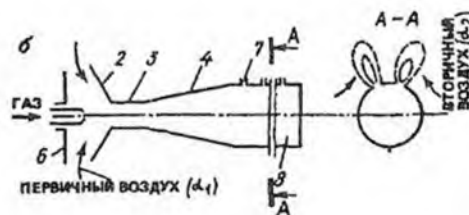
Групповая эжекционная горелка низкого давления
1 — колосниковая решетка; 2 — газовый коллектор; 3 — шамотные кирпичи; 4 — смеситель; 5 — стабилизатор пламени; 6 — крышка с щелевыми отверстиями; 7 — канал для прохода вторичного воздуха; 8 — отверстия для подачи первичного воздуха; 9 — газовое сопло; 10 — патрубок



мотрена возможность регулирования кол-ва первичного и вторичного воздуха. Устойчивость горения обеспечивается подачей первичного воздуха с $\alpha' = 0,5$, т.е. образованием негорючей смеси. При этом предотвращается проскак пламени, а отрыв невозможен ввиду того, что скорость истечения газозвушной смеси не превышает скорости распространения пламени.

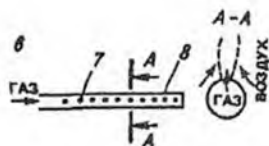
Групповая эжекц. горелка низкого давления используется для сжигания природного газа в топках чугунных котлов (типа "Универсал", "Энергия", "Тула" и т.п.). Она состоит из газового коллектора, к к-рому приварены патрубки, имеющие по 3 отверстия. На каждом патрубке вертикально крепится смеситель. В его верхней части установлены кольцевой стабилизатор и крышка со щелевыми отверстиями для выхода газозвушной смеси. Расстояние между смесителями — 230, длина смесителя — не более 240, диаметр — 50 или 60 мм. Вторичный воздух поступает к корню факела через канал между шамотными кирпичами и смесителем. Длина факела при $\alpha' = 0,4$ — около 0,6 м. Диапазон устойчивой работы горелок по давлению 100—2000 Па, номин. давление — 1000 Па. Для топок продольной формы разработаны горелки эжекц. многофакельные ГИ-Н 8 типоразмеров с номин. тепловой мощностью 17—105 кВт, работающие в диапазоне давлений 350—1500 Па, и ГКС с тепловой мощностью 19—60 кВт и рабочим давлением в диапазоне 50—1800 Па (для природного газа). Эти горелки работают с коэфф. первичного воздуха, равным 0,4—0,6.

ГОРЕЛКА ГАЗОВАЯ, газогорелочное устройство — устройство, обеспечивающее подачу горючего газа и окислителя (воздуха или кислорода), их смешение, подогрев, воспламенение и устойчивое сжигание. Используется в бытовых газовых приборах (см. Газовые приборы для жилых зданий), в котлоагрегатах (см. Горелка газовая на котлоагрегатах), для отопления пром. печей (см. Газогорелочное устройство для промышленных печей).



Горелка газовая

а — полного предварительного смешения газа с воздухом; б — предварительного смешения газа с воздухом; в — без предварительного смешения газа с воздухом; 1 — газовое сопло; 2 — эжектор; 3 — горловина; 4 — диффузор; 5 — насадка; 6 — воздушная заслонка; 7 — огневое отверстие; 8 — коллектор



Г.г. должны соответствовать следующим требованиям: обеспечивать полное сгорание газа с миним. избытком воздуха и образованием вредных в-в в продуктах сгорания; устойчиво работать во всем диапазоне регулирования без сильного шума, уровень к-рого не должен превышать 85 дБ; иметь простую конструкцию без деталей сложной формы, эстетичный вид, технологичность, обеспечивающую простоту и точность изготовления; быть безопасными в эксплуатации, допускать применение автоматики регулирования и безопасности. Тепловая мощность Г.г., кВт, — кол-во теплоты, выделяющейся при полном сгорании часового расхода проходящего через нее газа. Различают номин., макс. и миним. тепловую мощность. Номин. — макс. мощность, допустимая при длит. работе с миним. коэфф. избытка воздуха и при допустимой по установл. нормам хим. неполноте сгорания газа; макс. — принимаемая равной 0,9 тепловой мощности, достигнутой в макс. предельном режиме без нарушения устойчивой работы; миним. — принимаемая равной 1,1 тепловой мощности, к-рая обеспечивается в миним. предельном режиме. Коэфф. предельного регулирования $K_{п.р}$ по тепловой мощности определяет отношение макс. тепловой мощности к миним. (т.е. пределы устойчивости и безопасной работы Г.г.). Коэфф. рабочего регулирования $K_{р.р}$ — отношение номин. тепловой мощности к минимальной. Давление газа и воздуха P , Па, перед Г.г. подразделяют на номин., макс. и мин., соответствующие номин., макс. и миним. тепловой мощности горелки. Номин. относит. длина факела равна расстоянию по его оси от выходного сечения Г.г., измеренному при ее работе с номин. тепловой мощностью в калибрах (диаметрах) выходного сечения до точки, где концентрация CO_2 в продуктах сгорания при коэфф. избытка воздуха α , равном 1, составляет 95% расчетной объемной концентрации CO_2 в продуктах полного сгорания. Коэфф. избытка возду-

ха α показывает отношение действит. расхода воздуха на Г.г. к теоретически необходимому. Объемный коэфф. эжекции равен отношению объемного расхода эжектируемого (подсасываемого) Г.г. первичного воздуха к объемному расходу газа. Давление (разрежение) в камере сгорания P_r , Па, — давление (разрежение) в камере сгорания в выходном сечении Г.г. при ее работе с номин. тепловой мощностью. Уд. металлоемкость m , кг/кВт, — отношение массы Г.г. к ее номин. тепловой мощности. Шумовая хар-ка показывает уровень звукового давления, создаваемого работающей Г.г. в зависимости от спектра частот. Уровень шума определяют на расстоянии 1 м от Г.г. и на высоте 1,5 м от пола.

Горение — процесс быстрого высокотемп-рного окисления, сочетающий физ. и хим. явления, когда во фронте пламени концентрация топлива и окислителя резко падает, а концентрация продуктов сгорания и уровень тем-ры резко повышаются. Процесс горения можно разделить на три последовательно протекающие стадии: смесеобразование, в результате к-рого обеспечивается физ. контакт между топливом и окислителем; подогрев смеси до тем-ры воспламенения; горение газа (хим. реакция). Скорость процесса горения зависит от скорости протекания всех стадий. Процесс кинетич. горения определяется свойствами смеси: энергией активации, концентрацией реагирующих в-в и др. Кинетич. процесс горения характеризуется малой устойчивостью, поэтому при сжигании газа таким способом применяют искусств. стабилизацию фронта воспламенения. При раздельной подаче газа и воздуха без предварительного перемешивания смесеобразование протекает одновременно с подогревом и горением, и скорость процесса горения в целом определяется скоростью смесеобразования. Такой способ горения наз. диффузионным, поскольку контакт между газом и воздухом происходит за счет молекулярной или турбулентной диффузии. Скорость диффуз. горения определяется

аэродинамич. и диффуз. факторами и практически не зависит от физ. и кинетич. свойств смеси. Кинетич. и диффуз. способы горения — крайние случаи, т.к. при кинетич. однородную газозвудушную смесь готовят заранее, а при диффуз. ее заранее не готовят и искусственно не интенсифицируют, и горение протекает за счет естеств. процессов диффузии. Между этими крайними способами происходит множество процессов горения газа по диффузионно-кинетич. способу, к-рый характеризуется искусств. интенсификацией смесеобразования. Его достоинством является возможность регулирования процесса горения в широком диапазоне.

По диффузионно-кинетич. способу осуществляется двухступенчатое сжигание газа. При нем Г.г. обеспечивает предварит. смешение газа с частью необходимого для горения воздуха, а остальной воздух поступает непосредственно к факелу. В этом случае кинетически сгорает только часть газа, предварительно обеспеченная воздухом, к-рый называется первичным. Оставшаяся часть газа, разбавл. продуктами горения, сгорает за счет кислорода вторичного воздуха, т.е. по диффуз. принципу.

Стадии процесса горения последовательно осуществляются в смеси. устройстве, головке и туннеле (амбразура) Г.г. В смеси. устройстве происходит смешение газа с воздухом. Головка Г.г. обеспечивает выход газозвудушной смеси в топочную камеру или воздушное пространство в зависимости от условий ее работы. Оsn. назначение головки — стабилизировать у своего устья фронт воспламенения уже готовой или только что образовавшейся горючей смеси и предотвратить проскок или отрыв пламени.

Огневая часть (горелочные блоки) Г.г. представляет собой туннель (амбразуру), к-рый служит дополнит. смесителем, источником зажигания и стабилизатором горения, а также помогает создать необходимую форму факела. В туннеле процесс горения может протекать полностью или частично. Горелочные блоки изготавливают из шамота, высокоглиноземистого кирпича или бетона в зависимости от условий их работы. В некоторых Г.г. используют охлаждаемые металлич. туннели. Г.г. классифицируют: по методу сжигания газа — полного предварит. смешения газа с воздухом, работающие по кинетич. принципу; предварит. смешения газа с частью воздуха, необходимого для горения; с незаверш. предварит. смешением газа с воздухом, работающие по диффуз.-кинетич. принципу; без предварит. смешения газа с воздухом, обеспечивающие диффуз. процесс; по технич. параметрам и конструктивным особенностями

с т я м (по способу подачи воздуха на горение) — бездутьевые, у к-рых воздух поступает в топку за счет разрежения или конвекции; эжекционные, у к-рых воздух засасывается энергией газовой струи (эжектирование газа воздухом применяется редко); дутьевые с принудит. подачей воздуха вентилятором; по номин. давлению газа и воздуха — низкого давления газа до 5 кПа и воздуха до 1 кПа; среднего давления газа 5—10 кПа и низкого давления воздуха; высокого давления газа более 10 кПа и низкого давления воздуха; низкого давления газа и среднего давления воздуха 1—3 кПа; среднего давления газа и воздуха; высокого давления газа и среднего давления воздуха более 3 кПа; среднего давления газа и высокого давления воздуха; низкого давления газа и высокого давления воздуха; по теплоте сгорания используемого газа — работающие на газе с теплотой сгорания: низкой, средней, высокой I и II групп; по номин. тепловой мощности (до 200; св. 200—400; св. 400—800; св. 800—1600; св. 1600—3200; св. 3200—32 000; св. 32 000 кВт); по номин. относит. длине факела — микрофакельное (беспламенное) сжигание (дл 10; св. 10—16; св. 16—25; св. 25—40; св. 40—63; св. 63—100; св. 100); по способу локализации пламени (свободные факелы, в огнеупорном туннеле или камере, на огнеупорной поверхности, на металлич. сетке, в пористой перфорирован. или зернистой огнеупорных насадках).

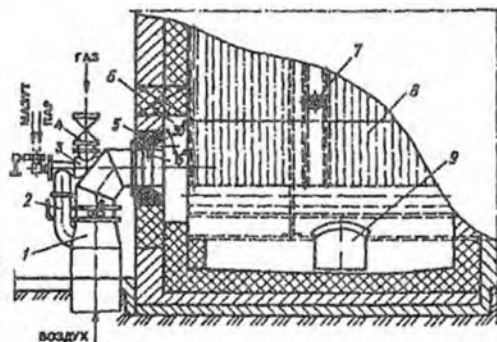
Все Г.г. проходят гос. испытания, состоящие из визуального осмотра, холодных и огневых продувок. Испытания проводят в стационарном режиме при главном увеличении или уменьшении тепловой мощности. Теплотехнич. и аэродинамич. хар-ки факела определяют на номин. режиме работы Г.г. Состав продуктов сгорания (оксида углерода CO, окислов азота NO_x и серы, бенз(а)пирена) выявляется в конце топочной камеры и на срезе туннеля на всех режимах регулировочных хар-к.

Тип и хар-ку газогорелочного устройства выбирают в зависимости от назначения и конструкции газового аппарата, требований к технологии нагрева, вида и хар-ки топлива. См. также *Горелка атмосферная, Горелка газомазутная, Горелка газовая турбулентного смешения, Горелка инфракрасного излучения, Горелка газовая туннельная, Горелка форкамерная, Эжекционная горелка.*

ГОРЕЛКА ГАЗОВАЯ НА КОТЛОАГРЕГАТАХ — устройство, преобразующее хим. энергию топлива в тепловую и обеспечивающее экономичность, безопасность и долговечность работы *котлоагрегата* с миним. кол-вом выбросов вредных

Газомазутная горелка ГМГм

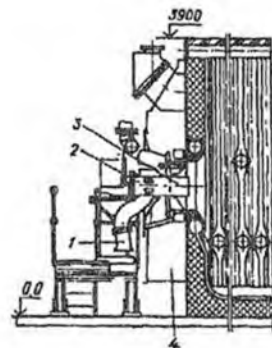
1, 2 — воздуховоды вторичного и первичного воздуха; 3 — горелка ГМГм; 4 — газовый патрубок с отключающим устройством; 5 — горелочный туннель; 6 — амбразура; 7 — смотровой люк; 8 — экранные трубы; 9 — лаз



в-в в атмосферу. Элементом системы теплоснабжения является источник теплоты — котельная, к-рая оборудуется паровыми или водогрейными котлами. Для централизованных систем теплоснабжения пром-сть серийно выпускает газовые (газомазутные) котлы: паровые с давлением пара до 4 МПа и произ-стью 2,5—75 т пара/ч, водогрейные с теплопроиз-стью 4,5—115 МВт и темп-рой воды до 200°C. На котлоагрегатах типа ДКВР, к-рые работают на газообразном топливе (резервное топливо — мазут), устанавливают горелки ГМГм. Эксплуатируются котлы ДКВР, оборудов. горелками ГМГ, НГМГ, ГМГА, ГМГБ (см. *Горелка газомазутная*). При резервном твердом топливе котлы оборудуют пылегазовыми горелками, приспособл. для сжигания угольной пыли и газообразного топлива, или газовыми, к-рые устанавливают с фронта котла (горелки типа ГА, ГТВ, ИГК, подовые низкого или среднего давления) или на боковых стенках (блочные эжекционные БИГ и вертикально-щелевые — см. *Эжекционная горелка*). Преимущество боковой компоновки горелок — возможность перехода котлов с осн. топлива на резервное и обратно без демонтажа газовых горелок. На котлах типа Е (ДЕ), работающих на газообразном и жидком котельном топливах, устанавливают газомазутные горелки типа ГМ (ГМП). Типоразмер горелочных устройств, комплектуемых с наиболее распространен. на практике котлами ДКВР и ДЕ, см. *Паровой котел*.

Теплофикац. водогрейные газовые котлы ТВГ-4Р и ТВГ-8М оборудуют подовыми диффуз. горелками, воздух к к-рым подают дутьевым вентилятором (без принудит. подачи воздуха к горелкам котлы удовлетворительно работают при нагрузках до 40% номин.). Горелки устанавливают в отсеках котла между двухсветными экранами. Пиковые теплофикац. водогрейные котлы типа ПТВМ теплопроиз-стью 58—116 МВт оборудуют газомазутными горелками с индивид. дутьевыми вентиляторами. Г.г.н.к. располагают на боковых (ПТВМ-50) или на задней и фронтальной (ПТВМ-

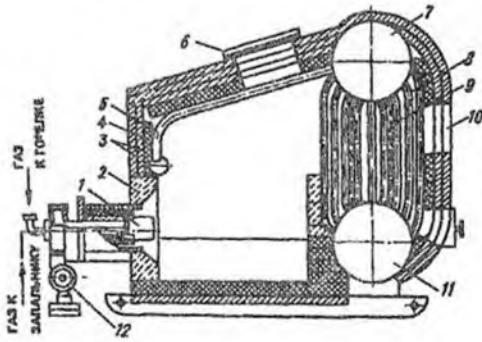
100) стенах топки в два яруса, при этом одна или две горелки нижнего яруса с каждой стороны котла являются растопочными и имеют зажигающие устройства. Установка большого числа горелок осложняет наладку и регулирование котлов, особенно при пониж. нагрузках и работе на мазуте. При регулировании тепловой нагрузки котла за счет отключения и включения Г.г.н.к. часто в топке происходят "хлопки", что приводит к разрушению конструкции котла. Котел ПТВМ-30М-4 (стандартная индексация КВ-ГМ-30-150) оборудован шестью газомазутными горелками среднего давления (15—17 кПа) (произ-ность по газу 660 м³/ч, по мазуту 6200 кг/ч). Конструкция горелок обеспечивает периферийный подвод газа и механич. распыливание мазута. Горелки (по 3 шт.) расположены на боковых стенках топочной камеры в местах, где предусмотрена соответствующая разводка экранных труб. Для отключения подачи газа при погасании факела и для растопки котел



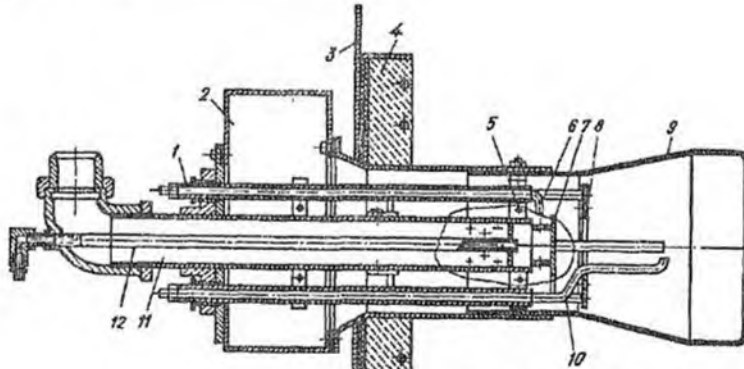
Горелка на котле КВ-ГМ теплопроизводительностью 11,6—34,9 МВт
1 — горелка ГМГ-10 (20, 30); 2 — мазутная форсунка; 3, 4 — патрубки вторичного и первичного воздуха

оборудуют двумя запально-защитными устройствами. Теплопроиз-сть котла регулируют включением или выключением горелок.

Котел Е-1-9Г предназначен для работы на газообразном топливе и оборудован



Вертикально-подотрубный двухбарабанный котел В-1/9-11
 1 — горелка Г-1; 2 — коническая амбразура; 3 — теплоизоляция (вулканит или совелит); 4 — огнеупорный кирпич; 5 — потолочный экран; 6 — предохранительный взрывной клапан; 7 — верхний барабан; 8 — конвективный пучок труб; 9 — перегородки из жаростойкой стали; 10 — канал для отвода продуктов сгорания; 11 — нижний барабан; 12 — дутьевой вентилятор



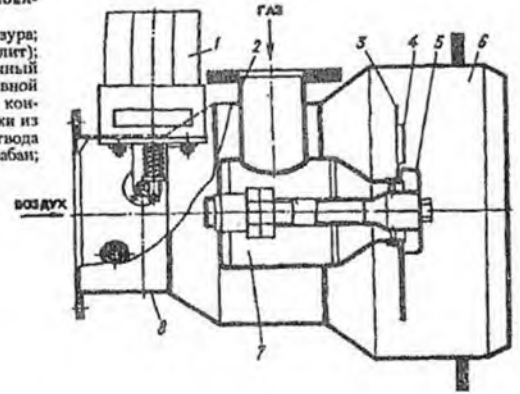
Газовая горелка Г-1 (Г-0,4)
 1 — фарфоровые трубки; 2 — воздушный короб; 3 — фронтонный лист; 4 — теплоизоляция; 5 — хомуты для крепления электродов; 6 — электрод для розжига запальной горелки; 7 — стабилизирующий диск запальной горелки; 8 — шайба для стабилизации факела горелки; 9 — конический смеситель; 10 — контрольный электрод; 11 — основная труба для подачи газа; 12 — запальная труба

горелками Г-1 и Г-0,4. Горелку устанавливают с фронта в верхней части котла к конич. амбразуре из жаростойкого бетона. Горелка с принудит. подачей воздуха ГО1 имеет 2 трубы для подвода газа: осн. и запальную (для розжига и стабилизации горения). Горелка в соответствии с применяемой системой автоматики работает в двухпозиц. режиме: 100 и 40% номин. расхода газа. Подачу воздуха в горелку в зависимости от расхода газа регулируют заслонкой, установл. на воздушном регистре. Разработаны 2 модификации горелок: устанавливаемые вертикал. и горизонт., отличающиеся размерами и способом крепления стабилизирующей шайбы. Воздух, необходимый для горения, подают вентилятором.

Выпускаемые чугунные секц. котлы оборудуют топками для сжигания твердого топлива в слое на *колосниковой решетке*; стальные отопит. котлы малой мощности приспособлены для сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива. Поэтому при наличии газообразного топлива котлы переоборудуют для сжигания газа. Тип газогорелочного устройства зависит от марки котла, его мощности, наличия

резервного топлива, его вида, давления газа в подводящем газопроводе. При переоборудовании котлов на газообразное топливо выполняют ряд условий, гл. из к-рых — соблюдение равномерного темп-ного поля по объему топки, исключаяющего локальные перегревы чугунных секций.

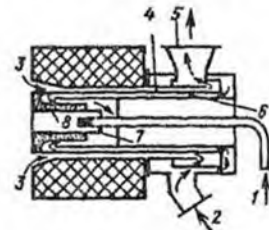
При переводе котлов на газообразное топливо используют 2 способа: 1) горелки располагают на колосниковой решетке, частично закрытой огнеупорным кирпичом; 2) топку оборудуют одной или неск. факельными горелками, располагаемыми на фронтальной стенке котла. При газоборудовании котлов по первому способу применяют атм., подовые, форкамерные и др. трубчатые горелки, обеспечивающие сжигание газа по двухстадийному принципу; по второму — горелки, обеспечивающие короткий кинетич. факел. Наибольшее распространение получили эжекц. (ИГК, БИГ) и дутьевые (ГТВ, Г-1,0, ГМГм, Л1-Н) горелки. Чугунный автоматизиров. котел "Факел" и чугунно-стальной котел "Братск-1г" комплектуются автоматизиров. горелочным блоком Л1-Н и блоком автоматики. Блок Л1-Н работает в режиме автоматич. двухпозиц.



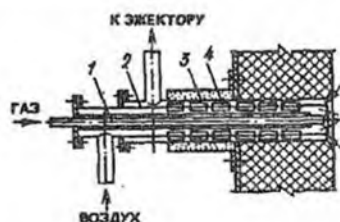
Основная горелка газогорелочного автоматизированного блока Л1-Н
 1 — электромагнитный привод к воздушной заслонке; 2 — газовый патрубок; 3 — стабилизирующий диск с лопатками; 4 — лопатка; 5 — газовый распределитель; 6 — смеситель; 7 — газовая камера; 8 — воздушный патрубок

регулирования тепловой мощности котла: 100% ("большое горение") и 40% ("малое горение") номин. мощности, обеспечивая поддержание пост. темп-ры воды на выходе из котла при перем. теплотребления. Автоматика безопасности блока прекращает подачу газа в случаях: отсутствия пламени у осн. или запальной горелки; повышения или понижения давления газа или воды в котле; понижения давления воздуха перед осн. горелкой; повышения в котле темп-ры воды выше 115°C.

ГОРЕЛКА ГАЗОВАЯ РЕКУПЕРАТИВНАЯ — горелочное устройство, совмещающее функции топливосжигающего устройства и теплоутилизаци. (рекуперативного) *теплообменного аппарата*, позволяющее использовать *теплоту* уходящих газов (продуктов сгорания). Г.г.р. предназначена для сжигания природного газа в пром. печах (камерных, с тарельчатым подом, безокислит., скоростных и др.). Совмещение горелки и теплообменника позволяет исключить трубопроводы горячего воздуха, повысить темп-ру воздуха и факела (до 2000°C). В Г.г.р. газ



Горелка газовая рекуперативная



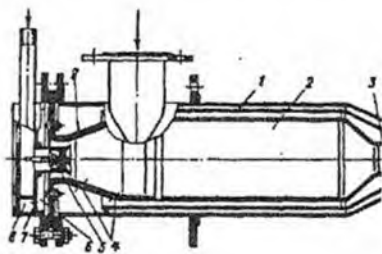
Скоростная горелка газовая рекуперативная

поступает по трубе 1, воздух — в патрубок 2. Продукты сгорания газа отбираются из объема топki в зоне 3 и отводятся по кольцевой трубе 4, а по кольцевой трубе 5, расположенной внутри трубы 4, подается воздух, необходимый для горения. Трубы 4 и 5 выполняют роль рекуперативного теплообменника с противоточным движением греющей и нагреваемой сред. Нагретый в межтрубном пространстве воздух до 600°C подается к соплу 7, в котором смешивается с газом. Горение происходит в туннеле 8. Охлажденные продукты сгорания отводятся из горелки через патрубок.

Скоростная Г.г.р. состоит из 3 концентрически расположенных труб: внутр. 1 для подвода газа, трубы 2, образующей с газовой кольцевую щель, в которой движется воздух, и наружной 3, охватывающей воздушную трубу и образующей с ней вторую кольцевую полость, через которую продукты сгорания газа из топчного пространства отсасываются инжектором из печи. Воздухоотводящая труба 4, выполняющая роль рекуператора, оребрена и выполнена из жаропрочной стали. Темп-ра подогрева воздуха достигает 900°C . В горелке осуществляется также и подогрев газа, который истекает из сопла в трубе 1 со скоростью 20—40 м/с, а воздух — из отверстий, расположенных по конич. поверхности носика горелки, со скоростью 100—200 м/с. При таких условиях происходят интенсивное смешение и сжигание газа по кинетич. методу коротким факелом. Г.г.р.

обеспечивает широкий диапазон регулирования тепловой мощности.

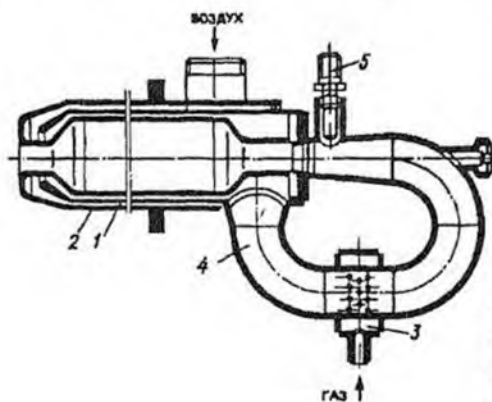
ГОРЕЛКА ГАЗОВАЯ СКОРОСТНАЯ — устройство, обеспечивающее полное сжигание газа во встроенной камере сгорания и истечение продуктов сгорания из нее в топчное пространство с большой скоростью (до 200 м/с). При сжигании газа в закрытом небольшом объеме внутри Г.г.с. развивается высокая темп-ра ($1700\text{--}1900^{\circ}\text{C}$ и более), резко увеличивается давление газов, что обеспечивает их высокую скорость на выходе из калибров сопла горелки. Созданы Г.г.с. с камерой горения 2 типов: из жаростойкой стали с охлаждением ее стенок воздухом, подаваемым на горение (ГВ, ПИВС, СВП), и из высококачественных огнеу-



Горелка ПИВС (со свечой электрозажигания) 1 — двухходовой контур воздушного охлаждения камеры сгорания; 2 — камера сгорания; 3 — калиброванное сопло; 4 — отверстия (перфорация) для подачи вторичного воздуха; 5 — свеча электрозажигания; 6 — камера предварительного смешения; 7 — сопла для подачи первичного воздуха; 8 — воздушная камера; 9 — перфорированный конус-стабилизатор

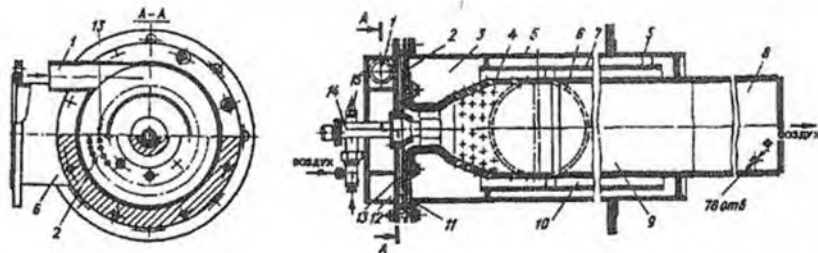
порных материалов (ГНПС), Г.г.с. типа ГВ с воздухоохлаждаемой камерой сгорания, выполн. из жаропрочной хромоникелевой стали, работает на холодном природном газе и подогретом воздухе. Последний нагревается, охлаждая металлич. камеру сгорания с зауженным вы-

ходом (калиброванным соплом). Горелка типа ГВ спроектирована из условия, что темп-ра стенки камеры сгорания не должна превышать $900\text{--}950^{\circ}\text{C}$, а темп-ра подогрева воздуха — 600°C . Для предварит. смешения газ подается в поток подогретого воздуха мелкими струями. Диапазон регулирования не менее 1:4. Разработаны 5 типоразмеров горелок ГВ с номин. теплопроиз-стью 33,7—133,7 кВт при давлении газа перед горелкой 7,5, воздуха — 11 кПа и коэфф. избытка воздуха $\alpha=1,05$. Г.г.с. воздухоохлаждаемые типа СВП состоят из металлич. камеры сгорания, 2-ходового контура воздушного охлаждения и газового насадка с соплами. Горелка СВП — с центр. подачей газа. Газ из сопла истекает в камеру сгорания, в которую поступает подогретый ($350\text{--}360^{\circ}\text{C}$) поток воздуха и где происходит полное смешение газа с воздухом и горение. Розжиг горелки производится с помощью электрич. свечи зажигания. Горелки ПИВС — скоростные с перем. избытком воздуха предназначены для сжигания природного газа в системах отопления скоростных нагреват., термич. печей, сушильных и др. тепловых установок, где требуется теплоноситель, обладающий скоростью и перем. темп-рой. Газ через тангенциально расположен. патрубок поступает в газовую камеру и далее через сопла в камеру предварит. смешения. Сюда же через отверстия из воздушной камеры поступает первичный воздух. Газовоздушная смесь (газ + первичный воздух) кольцевой струей подается вдоль внутр. поверхности перфориров. корпуса-стабилизатора. Струя смеси интенсивно перемешивается со вторичным воздухом, образуя за стабилизатором газовоздушную смесь, горение которой характеризуется высокой интенсивностью и малой длиной пламени. Высокая устойчивость горения достигается при большом изменении скоростей истечения газа и воздуха благодаря развитому рециркуляц. течению за стабилизатором. Продукты сгорания истекают со скоростью до 200 м/с через калибров. сопло в агрегат. На базе горелки ГНП (см. Горелка газовая турбулентного смешения) разработана применяемая в туннельных печах для обжига фарфорофарфяносовых сан-технич. изделий Г.г.с. типа ГНПС. Расход газа горелками ГНПС разных типоразмеров 6,0—30 м³/ч.

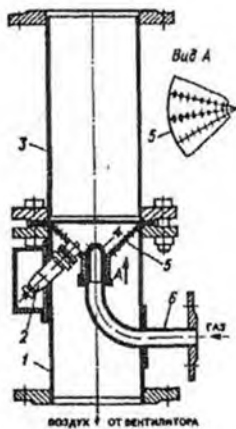


Горелка ГВ с металлической воздухоохлаждаемой камерой сгорания 1 — камера сгорания; 2 — двухходовой контур охлаждения камеры сгорания; 3 — электрозапальная свеча; 4 — смеситель; 5 — газовый коллектор

ГОРЕЛКА ГАЗОВАЯ СТРУЙНО-СТАБИЛИЗАТОРНАЯ — устройство, обеспечивающее сжигание газа по диффуз. способу. Газ отд. струями подает непосредственно в зону рециркуляции за стабилизатором, через который мелкими струями поступает воздух, в результате чего газовоздушная смесь сгорает мелкими факелами. В этих горелках смешение и сжигание газа происходят в конич.

**Горелка ПИВ**

1 — патрубок для подачи газа; 2 — отверстия для подачи первичного воздуха; 3 — воздушная камера; 4 — отверстия в стабилизирующем конусе для подачи вторичного воздуха; 5 — корпус (наружная обечайка) горелки; 6 — патрубок для подачи воздуха; 7 — цилиндр; 8 — перфорированный насадок; 9 — камера сгорания; 10 — каналы охлаждения камеры сгорания; 11 — камера предварительного смешения; 12 — цилиндрическая газовая камера; 13 — отверстие для подачи газа в камеру предварительного смешения; 14 — пилотно-защитное устройство; 15 — электрическая свеча зажигания

**Горелка СГ**

1 — воздушный коллектор; 2 — электрический запальник; 3 — камера сгорания; 4 — газовые сопла; 5 — конический перфорированный стабилизатор; 6 — труба подвода газа

перфориров. камере с центр. подачей воздуха с периферии через отверстия стабилизатора. Г.г.с.-с. используют для получения низкотемп-рных продуктов сгорания при сжигании холодных природного газа и повыш. кол-ва воздуха. Поэтому они предназначены для установки в термич. печах и низкотемп-рных сушилках древесины, изделий из гипса, бетона и глины, сыпучих материалов.

В горелках типа ГТПЦ газ из кольцевой камеры через сопла поступает в конич. стабилизирующую (перфориров.) камеру смешения и горения. Кольцевой выступ прижимает газовые струи к внутр. поверхности конической камеры, в к-рую через отверстия подается первичный воздух. При движении газа вдоль камеры

происходит постепенное смешение его с закрученными в разные стороны струями первичного воздуха, т.к. воздушные отверстия в камере выполнены тангенциально и под углом к оси горелки. По ней через воздушное сопло подается вторичный воздух, обеспечивающий дожигание газа и при необходимости дополнит. разбавление продуктов сгорания для получения *теплоносителя* (продуктов сгорания) с более низкой темп-рой. Горелка используется с керамич. сужающимся туннелем, к-рый позволяет повысить скорость истечения смеси продуктов сгорания и вторичного воздуха, подаваемого через центр. сопло. Горелки могут работать при подаче подогретого до 350°С вторичного воздуха.

Горелки типа ПИВ предназначены для сжигания природного и сжиженных углеводородных газов с перем. избытком воздуха. Сжигание газа в них основано на струйно-стабилизационном принципе. Газ через тангенциально располож. патрубок поступает в кольцевую камеру и из нее через сопла в камеру предварит. смешения. Через патрубок от вентилятора воздух подается в горелку, последовательно проходит через кольцевое пространство между корпусом и цилиндром, поворачивает на 180° и движется между наружной стенкой камеры сгорания и цилиндром, где нагревается, и поступает в воздушную камеру. Из нее часть подогретого (первичного) воздуха через сопла истекает в камеру предварит. смешения с газом. Первичная газозвушная смесь кольцевой струей движется вдоль внутр. поверхности конуса-стабилизатора, в к-ром интенсивно перемешивается со вторичным воздухом, истекающим из воздушной камеры через отверстия в стенке конуса. Горение полученной смеси характеризуется высокой интенсивностью и малой протяженностью пламени вдоль потока, что соответствует кинетич. процессу горения. Высокая устойчивость горения в большом диапазоне изменения скоростей истечения газа и воздуха обеспечивается интенсивным рециркуляц. течением за стабилизатором. Продукты сгорания с тем-рой до 600°С выходят из камеры через отверстия в насадке, к-рый выполняют в двух вариантах: с отверстиями, равномерно располож. по окружности и длине; с

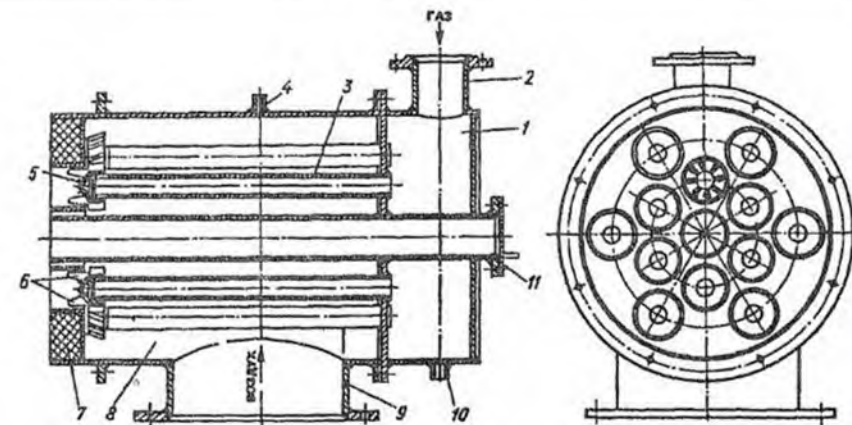
отверстиями, располож. в пределах центр. угла 150° по длине.

Горелки типа СГ используют гл.обр. в циркуляц. системах низкотемп-рных печей и сушилок и устанавливают в воздухопроводе после вентилятора. Горение в них стабилизируется подачей воздуха мелкими струями через перфориров. конус, а газа — радиально в затененные зоны между рядами перфорации. В результате в затененных зонах образуется большое кол-во мелких факелов, устойчиво горящих при большом избытке воздуха. Горелки СГ разработаны двух модификаций: с кольцевой щелью между стабилизатором и воздухопроводом (СГ-10-4, СГ-16-5, СГ-90-3,5) и без нее (СГ-4, СГ-16). В горелках первого типа к коническому перфориров. стабилизатору приварен цилиндрич. насадок, ограничивающий камеру сгорания. Первичный воздух проходит через отверстия конуса, смешивается с газом, и получ. смесь сгорает. Вторичный воздух движется через кольцевую щель между цилиндрич. насадком и воздухопроводом, охлаждая стенки камеры сгорания, а затем смешивается с продуктами сгорания. Содержание оксидов азота NOx (при $\alpha = 1$) на расстоянии 2 м от торца камеры горения для горелок СГ и ПИВ — не более 0,01% об. Розжиг горелок и контроль горения осуществляют с помощью пилотно-запального устройства.

ГОРЕЛКА ГАЗОВАЯ ТУН- НЕЛЬНАЯ — устройство полного приварит. смешения газа с воздухом, состоящее из смесителя, головки и огнеупорного насадка в виде туннеля, к-рый обеспечивает устойчивое горение газозвушной смеси. Эти горелки теплопроиз- ствостью до 2 МВт komponуют с пром. печами. У большинства Г.г.т. однородная газозвушная смесь готовится с помощью эжект. смесителей, к-рые обладают способностью саморегулирования, т.е. сохранения коэфф. эжекции пост. при изменении нагрузки горелки в предел. пределах. Недостатки Г.г.т.: большие геометрич. размеры и шум, создаваемый при работе, особенно на повыш. давлениях. При сжигании заранее приготвл. газозвушной смеси в огнеупорных туннелях создаются несветящийся факел и условия для полного сгорания газа (без хим. неполноты сгорания) при малых избытках воздуха. Вследствие этого в туннеле поддерживаются высокие темп-ры, и сжигание происходит с высоким тепловым напряжением объема горения. Устойчивость пламени в Г.г.т. достигается: против отрыва пламени — применением огнеупорного туннеля (стабилизатора горения), а против проскока — высокими скоростями выхода газозвушной смеси. Огнеупорные материалы, из к-рых делают туннели,

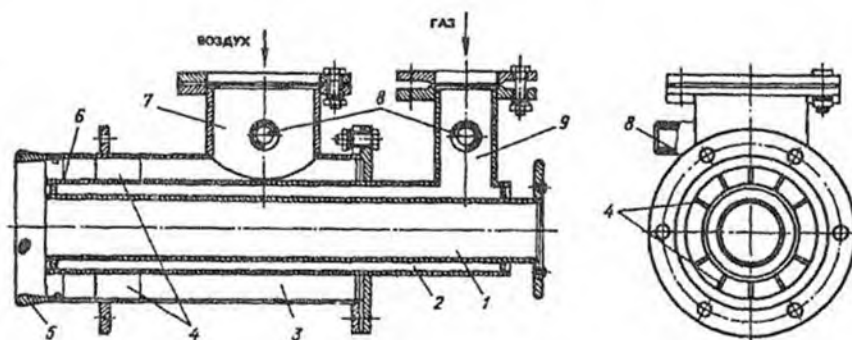
пригодны для длит. работы при темп-ре 1450—1500°C и выдерживают резкие колебания темп-р, к-рые возникают при каждом включении и выключении горелки. В зависимости от условий установки эжект. горелки изготовляют с прямыми или угловым смесителем. Недостатки последних: большое аэродинамич. сопротивление, приводящее к уменьшению коэфф. эжекции, снижение устойчивости пламени при его проскоке. Г.г.т.с. эжект. среднего давления однотипны по конструкции и отличаются только размерами и стабилизирующими устройствами. Горелки типа В и ВП предназначены для сжигания природного и коксового газов, а также их смесей в нагреват. и термич. печах и в теплоагрегатах, где нецелесообразна принудит. подача воздуха, а давление в топке агрегатов поддерживается в пределах ± 20 Па. Изготавливают 14 типоразмеров горелок с тепловой мощностью 12—690 кВт и диаметром выходного насадка 15—100 мм: В — с прямым смесителем, ВП — с угловым. Горелки с диаметром кратера более 86 мм выполняют с водоохлаждаемой огневой насадкой, к-рая повышает устойчивость работы горелки против проскока пламени и расширяет эксплуатац. пределы регулирования. Горелки В и ВП рассчитаны на работу с коэфф. избытка воздуха 1,05 и коэфф. рабочего регулирования 3, с номин. давлением природного газа $P_{ном} = 80$ кПа, а сжиг. углеводородного — 31,5 кПа.

ГОРЕЛКА ГАЗОВАЯ ТУРБУЛЕНТНОГО СМЕШЕНИЯ — горелка, у к-рой смесеобразование, осуществляемое за счет турбулентной диффузии, начинается в устье и завершается в топочной камере. Г.г.т.с. — горелки с незаверш. (до поступления в топку) предварит. смешением газа с воздухом. Интенсификация и равномерность смесеобразования достигаются: разделением потока газа (реже воздуха) на мелкие струи (многоструйные вихревые горелки низкого и среднего давлений); направлением газовых струй под углом в закруч. или незакруч. поток воздуха; повышением степени крутки потока воздуха (горелка низкого давления — ГНП); увеличением пути перемешивания и продолжительности контакта газа и воздуха внутри горелки. Интенсивность крутки улучшает качество и быстроту смешения газа с воздухом, вследствие чего ускоряется процесс выгорания топлива и сокращается длина факела. Осн. достоинства этих горелок: возможность сжигания большого кол-ва газа при небольших габаритах горелки; широкий диапазон регулирования производ-сти горелки; возможность подогрева газа и воздуха до темп-р, превышающих темп-ру самовоспламенения; простое конструктивное выполнение горелок с



Горелка типа ГА

1 — газовая камера; 2 — газовый патрубок; 3 — газораспределительная трубка; 4, 10 — штуцеры для манометров воздушного и газового; 5 — наконечник с газовыми отверстиями; 6 — лопатки направляющего аппарата; 7 — футеровка; 8 — воздушная камера; 9 — воздушный патрубок; 11 — смотровая труба

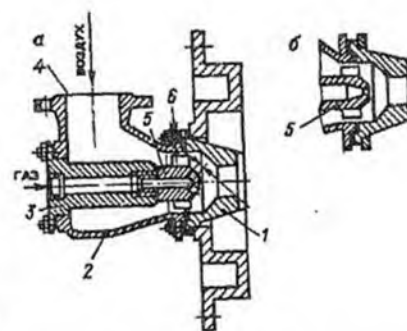


Горелка типа ГТВ

1 — центральная направляющая труба; 2, 3 — камеры газовая и воздушная; 4 — завихритель; 5 — насадка; 6 — отверстия для выхода газа; 7, 9 — воздушный и газовый патрубки; 8 — штуцеры для подключения манометров воздушного и газового

комбиниров. сжиганием топлива (газ — мазут; газ — угольная пыль).

Произ-сть Г.г.т.с. — 60 кВт — 60 МВт. Их используют для обогрева котлов и пром. печей. Для сжигания газа в топках котлов применяют многоструйные вихревые горелки низкого и среднего давлений (ГА, ГТВ), а также комбиниров. горелки (газозамазутные или пылегазовые). Горелка ГА предназначена для сжигания природного газа с теплотой сгорания 35,6 МДж/м³, имеет 9 типоразмеров (4 на низкое давление, 5 на среднее) с производительностью 395—10 890 кВт (39—1100 м³/ч). Эта горелка блочная и состоит из неск. газораспределит. трубок (от 5 до 34), объедин. общей воздушной камерой. Из каждой трубки газ выходит в виде 8 или 12 тонких струек. Каждый малый поток воздуха закручивается с



Горелка ГНП с многоопловым (а) и одноопловым (б) наконечниками
1 — насадка; 2 — корпус; 3 — газораспределительное устройство; 4 — воздушный патрубок; 5 — наконечник; 6 — завихритель

помощью лопаток направляющих аппаратов и поступает в цилиндрич. выходные каналы, в к-рых начинается процесс смешения газа с жидким топливом. Горелки ГА сложны в изготовлении и имеют большую массу (42—539 кг). Для устранения этих недостатков разработана горелка упрощ. конструкции, имеющая 10 типоразмеров, производительностью 115—8660 кВт, получившая назв. горелка газовая вихревая — ГГВ. Она обеспечивает центр. струйную подачу газа (число струек 12; 24; 36 или 48 в зависимости от типоразмера). Центр. направляющая труба служит для розжига горелки переносным запальником, для установки мазутной форсунки и для наблюдения за работой горелки. Полное сгорание обеспечивается при номин. тепловой мощности и номин. давлении газа 2 или 30 кПа с коэфф. избытка воздуха 1,02—1,05. В таких условиях длина факела изменяется от 140 до 2000 мм. Коэфф. рабочего регулирования горелки 6,3. В качестве стабилизатора пламени применяют керамич. туннель с врезанным расширением. Для сжигания природных газов с теплотой сгорания 30—45 МДж/м³ в пром. печах наибольшее распространение получила горелка ГНП. Разработано 9 типоразмеров этой горелки с номин. тепловой мощностью 73—2980 кВт с двумя типами наконечников газового сопла (А и Б). Наконечник типа А обеспечивает короткий факел (равный 9—16 диаметрам выходного отверстия) за счет многоструйной подачи газа (4; 6 и 8 струй) под углом к потоку воздуха; типа Б — более длинный факел (равный 14—19 диаметрам), обусловленный образованием центр. газовой струи. Номин. давление газа — 3,92, воздуха — 0,83—3,2 кПа. Коэфф. рабочего регулирования горелки — 7—10. Горелки обеспечивают полное сжигание газа при коэфф. избытка воздуха, равном 1,05—1,07. В качестве стабилизатора пламени применяют керамич. туннель.

ГОРЕЛКА ГАЗОМАЗУТНАЯ — комбиниров. газогорелочное устройство с единой системой воздухопроводов, к-рое обеспечивает как раздельное сжигание газообразного топлива и жидкого котельного топлива (мазута), так и их комбиниров. сжигание. Комбиниров. Г.г. используют в топках котлоагрегатов электростанций, котельных и в нагреват. печах. Они позволяют быстро переводить работу котлоагрегатов с одного вида топлива на др. При комбиниров. сжигании топлива мазут рассматривают как добавку к осн. газовому топливу, позволяющую повысить радиац. свойства (излучат. способность) факела. В этом случае сжигание газообразного и жидкого котельного топлива происходит в разл. условиях. Га-

зообразное топливо легче воспламеняется, сжигается с меньшим коэфф. избытка воздуха, сгорает быстрее и полнее. Жидкое котельное топливо надо сначала распыливать, затем смешивать с воздухом, обеспечивая его испарение и горение. При этом сжигании газообразного и жидкого котельного топлива горение последнего затягивается, т.к. газ сгорает (т.е. потребляет кислород) в первую очередь. Для малых котлов добавка мазута и совместное сжигание интенсифицируют теплообмен в топке, т.к. степень черноты факела возрастает примерно в 2 раза. При добавке газа к мазуту и в процессе их совместного сжигания улучшаются геометр. хар-ки комбиниров. факела и снижается содержание токсичных и загрязняющих ингредиентов в продуктах сгорания. Расход мазута составляет 25—40% всего расхода топлива на агрегат.

Г.г. различаются: конструкцией воздухозавихрителей (регистров), к-рые выполняют тангенц., аксиальными и тангенц.-аксиальными; способом подачи газа в воздушный поток (с центр. и периферийной подачей); способом распределения воздуха (однопоточные — горелки котлов ПТВМ или двухпоточные — горелки котлов ГМГм, ГМП, РГМГ); способом распыливания мазута (паромеханич. — для котлов ГМГм, ГМП, пневматич. низконапорные — для котлов НГМГ). В нек-рых горелках газ и мазут подают в зону горения через концентрич. трубки, располож. по оси горелки (ГМГм, горелка акустическая ГКА-100, горелка с регулируемым факелом ГМР и др.). В др. Г.г. мазут и газ подают по разным (не объединенным) трубкам (ГМП, РГМГ, горелки котлов ПТВМ и др.), при этом мазут всегда подают во внутр. трубке, т.к. он

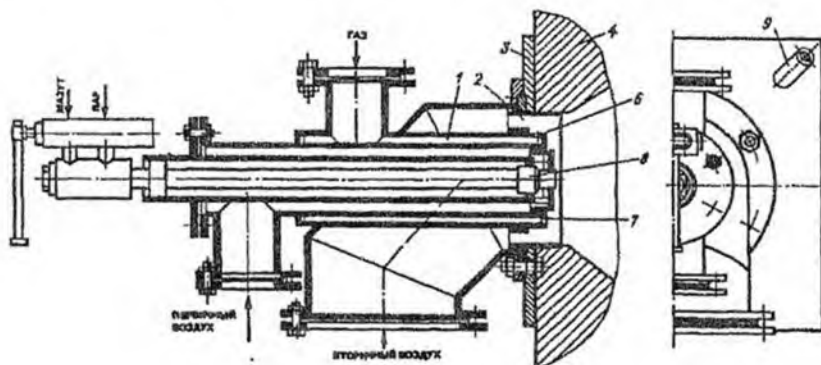
труднее смешивается с воздухом. Для улучшения смешения топлива с воздухом в воздушных каналах устанавливают воздухозавихрители, а газ подают в виде струй в закруч. поток воздуха. В случае чисто газового отопления мазутная форсунка может быть вынута из горелки.

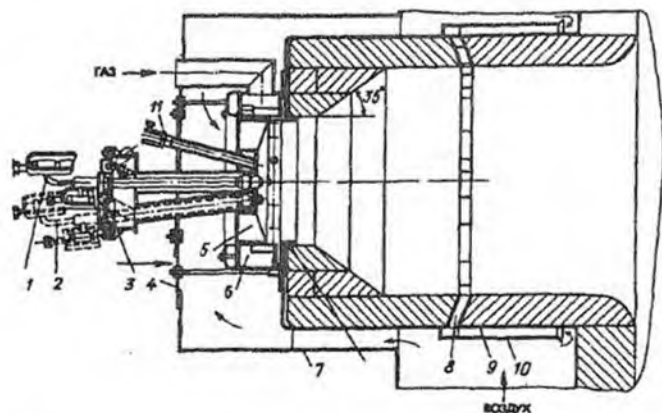
Горелка ГМГм — газомазутная модернизирован., предназначена для раздельного и совместного сжигания жидкого и газообразного топлива. Устанавливается в топках котлоагрегатов типа ДКВР. Состоит из газовой камеры, имеющей 2 ряда газовых отверстий, направленных под углом 90° один к др., лопаточных завихрителей вторичного и первичного воздуха, паромеханич. форсунки. Газ из газовых отверстий истекает в закруч. потоки первичного и вторичного воздуха. Первичный воздух (около 15% общего расхода) подается к корню факела и улучшает смешение при малых нагрузках, вторичный — закруч. потоком подается к месту горения. Во время работы горелки ГМГм регулятор (шибер) первичного воздуха полностью открыт и не регулируется. У горелок ГМГм применены завихрители с одностор. закруткой первичного и вторичного воздуха тангенц.-аксиального типа с прямыми лопатками, установл. под углом 60° (для первичного воздуха) и с лопатками, установл. под углом 45° (для вторичного воздуха). Стабилизация пламени обеспечивается керамич. конич. туннелем за счет рециркуляции продуктов сгорания. Содержание NO_x в продуктах сгорания — до 0,18 мг/м³. Разработаны 5 типоразмеров Г.г. типа ГМГм. Горелки работают с коэфф. избытка воздуха: для газа — 1,05, для мазута — 1,15. Длина факела в зависимости от тепловой мощности изменяется от 1 до 2,5 м.

Горелки ГМ и ГМП предназначены для раздельного сжигания природного газа и мазута. Устанавливаются в топках котлов типа ДЕ. Это горелки с периферийной подачей газа и паромеханич. форсункой. Коэфф. избытка воздуха для газа — 1,05, для мазута — 1,1. Горелка состоит из газо-

Горелка ГМГм

1 — труба для подвода газа; 2, 5 — лопаточные завихрители вторичного и первичного воздуха; 3 — монтажная плита; 4 — конический керамический туннель; 6, 7 — продольные и поперечные газовые отверстия; 8 — паромеханические форсунки; 9 — стакан для установки запальной горелки





Горелки ГМП с камерой двухступенчатого сжигания топлива

1, 2 — основная и резервная форсунки; 3 — узел заслонок; 4 — фронтальный лист; 5 — лопаточный завихритель первичного воздуха; 6 — газовый коллектор; 7 — корпус камеры сгорания; 8 — тангенциальный завихритель вторичного воздуха; 9, 10 — внутренняя и наружная обечайки; 11 — фотодатчик

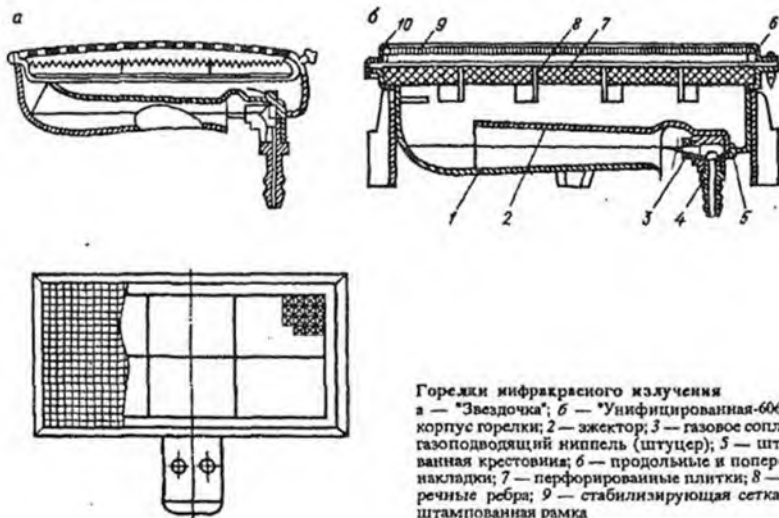
вой части, лопаточного завихрителя, форсуночного узла, узла заслонок для автоматич. закрытия воздушного клапана при снятии форсунок. Газовая часть представляет собой кольцевой коллектор прямоугольного сечения с одним рядом газовых отверстий, внутри к-рого установлена разделит. обечайка для равномерного распределения истечения газа из отверстий коллектора. Воздух в воздухо-распределит. устройстве поступает по воздуховоду, огранич. фронтом котла и металлич. стенкой, за счет чего снижаются потери теплоты в окружающую среду.

Ротац. Г.г. РГМГ предназначены для раздельного сжигания газа и мазута. Совместное сжигание топлива допускается только при переходе с одного вида топлива на др. Горелки РГМГ комплектуют с котлоагрегатами типа КВ-ГМ. Особенностью этих горелок является блочность исполнения, т.е. соединение в едином изделии газораспределит. кольцевой камеры, расположен. в устье горелки, вентилятора с направляющим аппаратом, завихрителей воздуха, запально-защитного устройства и др. элементов. Во всех горелках, за исключением РГМГ-7, газ из газораспределит. камеры истекает через отверстия перпендикулярно воздушному потоку, а в горелке РГМГ-7 — через 11 трубок, присоедин. к камере, изогнутых под углом 90° и направл. в сторону амбразуры. Горелки РГМГ-4 и РГМГ-7 изготовляют со встроенным вентилятором первичного воздуха и улиточным подводом вторичного воздуха, а остальные модификации — с автономным, отд. установл. вентилятором первичного воздуха и прямым подводом вторичного воздуха к завихрителю.

ГОРЕЛКА ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ — устройство радиац. нагрева, в к-ром сгорание газозвушной смеси происходит в огнесупорных насадках, одновременно являющихся излучающими элементами. В Г.и.и. происходит полное предварит. смешение газа с воздухом. Г.и.и. — горелки эжекционные

низкого давления. Г.и.и. выпускают тепловой мощностью 2,8—23 кВт для работы на природном (номин. давление газа $P_n = 1,3; 2$ кПа) и сжиженном ($P_n = 3$ кПа) газах. Перевод их с одного вида газа на др. производят с помощью съемных сопел разных диаметров.

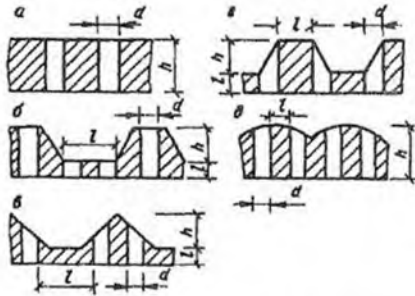
Инфракрасные газовые излучатели характеризуются радиац., энергетич. и геометр. параметрами. К первым относятся диапазон длин волн, на к-рый приходится генерируемое излучение, определяемое темп-рой излучающей поверхности, и распределение интегральной плотности излучения ($Вт/м^2$) по направлениям. К энергетическим параметрам относятся радиац., энергетич. и геометр. параметрами. К первым относятся диапазон длин волн, на к-рый приходится генерируемое излучение, определяемое темп-рой излучающей поверхности, и распределение интегральной плотности излучения ($Вт/м^2$) по направлениям. К энергетическим параметрам относятся радиац., энергетич. и геометр. параметрами.



Горелки инфракрасного излучения
а — "Звездочка"; б — "Унифицированная-606"; 1 — корпус горелки; 2 — эжектор; 3 — газовое сопло; 4 — газоподводящий nipple (штуцер); 5 — штампованная крестовина; 6 — продольные и поперечные накладки; 7 — перфорированные плитки; 8 — поперечные ребра; 9 — стабилизирующая сетка; 10 — штампованная рамка

рам относится тепловая мощность, темп-ра излучающей поверхности (низкотемп-рные — темп-ра поверхности насадки до 900 К; среднетемп-рные — 900—1300 К; высокотемп-рные — выше 1300 К), давление газа (низкое). Геометрические параметры характеризуют конфигурацию излучателя и его габариты. Эффективность работы Г.и.и. оценивают радиац. кпд, определяемым как отношение мощности излучения в окружающее пространство (в полном пространстве угле распределения излучения) к тепловой мощности горелки.

Г.и.и. состоят из газового сопла, эжект. смесителя, выравнивающей камеры, излучателя горелки. Газ истекает из сопла горелки, засасывает воздух, необходимый для горения ($\alpha = 1,08$), перемешивается с ним в эжект. смесителе. Полностью подготовл. газозвушная смесь поступает в выравнивающую (распределит.) камеру, в к-рой динамич. давление потока, истекающего из диффузора смесителя, переходит в статич. — пост. во всей камере. При этом создаются одинаковые условия для истечения газозвушной смеси через любой канал излучателя. Он может быть изготовлен с керамич., металлокерамич. или металлич. (сетчатой) насадками. Керамические огневые насадки представляют собой пластины размером 65x45x12 мм (плитки) с большим числом сквозных цилиндрич. каналов, материалом для к-рых служит легкая пористая огнеупорная керамика. масса с малым коэфф. теплопроводности [0,46—0,7 Вт/(м·К)]. Диаметр цилиндрич. каналов — 1—1,2 и 1,55 мм, коэфф. живого сечения — 0,45—0,68. Применяемые керамика насадки Г.и.и. отличаются по геометрии шероховатости излучающей поверхности. Интенсивность излучения керамич. излучателей зависит от гео-



Перфорированные керамические насадки
а — плоские; б — с выступами и впадинами; в, г — с пирамидальными впадинами и выступами; д — с полусферическими впадинами; е — глубина прогрева насадки до поверхностной температуры; ж — диаметр канала; з — расстояние между каналами

метрич. параметров поверхности: живого сечения плитки, диаметра огневого канала и шероховатости. Наибольшая интенсивность излучения наблюдается у керамич. насадок в виде пирамид. выступов.

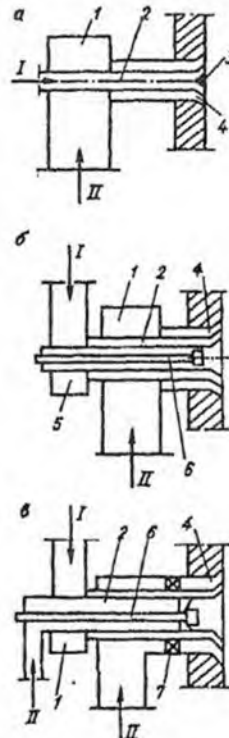
Металлокерамич. насадки имеют дополнит. металлич. сетку из жаростойкой стали, располож. на расстоянии 8—12 мм от керамич. плиток. Благодаря применению сетки повышается кол-во теплоты, передаваемой излучением, улучшаются равномерность нагрева насадки и полнота сгорания газа. В Г.и.и. также используются металлич. насадки — набор жаростойких металлич. сеток или перфориров. плит из жаростойкого чугуна. В перфориров. и пористых керамич. и металлокерамич. насадках сжигают предварительно подготовл. газозвуш. смеси. В них поток смеси разбивается на множество мелких струй, к-рые сгорают в виде плоского пламени и микрофакелов в устье каналов насадки без видимых языков пламени. Вследствие малой скорости (0,1—0,14 м/с) газозвушной смеси в каналах плитки, а также наличия сетки, к-рая является вторичным излучателем, предотвращается отрыв пламени. Для обеспечения устойчивости пламени по отношению к проскоку диаметры каналов должны быть меньше критических. Однако при значит. увеличении тепловой мощности горелки, когда возникают условия для прогрева керамич. каналов в глубину, а зона горения перемещается внутрь насадки, происходит проскок пламени. Близость зоны горения к поверхности перфориров. насадка обеспечивает нагрев его до высоких темп-р, и он становится источником теплового излучения. Темпра излучающей поверхности составляет 900—1000 К.

Во всех Г.и.и. 40—60% энергии, выделяемой при сжигании газа, передается излучением. При работе в номин. режиме Г.и.и. обеспечивают полное сгорание газа. В неразбавл. продуктах сгорания ($\alpha = 1$)

содержится оксид углерода не более 0,02 об. % (250 мг/м³). В Г.и.и. при изменении уд. тепловой мощности от 25 до 100 Вт/см² содержание оксидов азота NO_x не превышает соответственно 40—100 мг/м³. Содержание СО у Г.и.и. примерно в 2 раза меньше, чем у горелок газозвуш. плит и газозвуш. проточных водонагревателей, NO_x — в 5—2 раза меньше, чем у эжект. горелок газозвуш. плит и водонагревателей и эжект. горелок БИГ, ИГК.

Г.и.и. используют для отопления произв. помещений и теплиц, отд. рабочих мест на открытых и полузакрытых площадках; в технологич. процессах сушки и нагрева (термообработка листового металла и труб, цилиндрич. поверхност. сушилка лакокрасочных покрытий), где требуется равномерность нагрева; в передвижных нагреват. установках (ремонт асфальтобет. дорожных покрытий); для сварки полиэтиленовых труб.

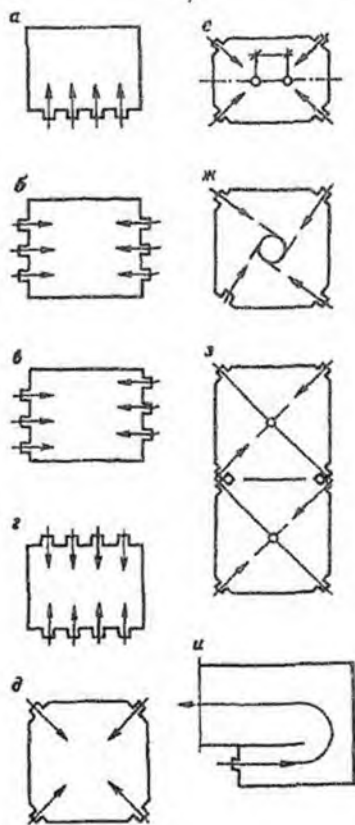
ГОРЕЛКА ПЫЛЕУГОЛЬНАЯ — устройство для образования смесей пылевидного топлива с воздухом и подачи его к месту сжигания. Через Г. в топку посту-



Круглые горелки

а — однолопаточная; б — двухлопаточная; в — улиточно-лопаточная; I — пылевоздушная смесь; II — вторичный воздух; 1 — улитка вторичного воздуха; 2 — труба; 3 — рассекающий конус; 4 — кольцевой канал вторичного воздуха; 5 — улитка пылевоздушной смеси; 6 — расточная мазутная форсунка; 7 — закручивающий лопаточный аппарат

тупают два различных потока: топливо-воздушная смесь (топливная пыль при темп-ре 70—130°C и первичный воздух) и вторичный воздух с темп-рой 250—420°C. Образование горючей смеси завершается в топочной камере. От работы Г. и их размещения зависит характер смесеобразования, что в сочетании с аэродинамикой топочной камеры определяет интенсивность воспламенения, скорость и полноту сгорания. Г. для камерного сжигания твердого топлива подразделяют на круглые (турбулентные), прямоточные (щелевые) и пылевые. Для сжигания пылевидного топлива совместно с газом применяют комбиниров. Г. На котлоагрегатах большой произ-сти устанавливают одно- и двухулиточные, лопаточные и улиточно-лопаточные пылеугольные круглые Г. При любой конструкции круглой Г. потоки пылевоздушной смеси и вторичного воздуха закручиваются в одном направлении. В одноулиточной Г. пылевоздушная смесь поступает в топку прямооточно; вторичный воздух закручивается в улитке и, пройдя кольцевой канал, через амбразуру поступает в топку. Необходимый для хорошего перемешивания со вторичным воздухом разнос струи пылевоздушной смеси достигается рассекающим конусом. В получивших широкое распространение двухулиточных Г. и улиточно-лопаточных Г. оба потока закручиваются в улиточном или лопаточном подводе. Потоки образуют в топке два концентрически расходящихся усеченных конуса, как бы опирающихся малыми основаниями на кольцевые выходы из Г. Внутри образуется конус пылевоздушной смеси, к к-рому снаружи примыкает конусообразный поток вторичного воздуха. По мере движения в топке оба потока проникают один в другой, перемешиваются, увлекая за собой топочные газы. Чем больше горячих топочных газов вовлекается в этот процесс, тем быстрее воспламеняется и сгорает топливо. Для увеличения угла раскрытия факела мощные Г. имеют конич. выходную насадку. С этой же целью выходную часть амбразур часто выполняют конич., расширяющейся к устью, в результате чего достигается лучшее сочетание форм развития факела и амбразур, увеличивается площадь поверхности контакта факела, ускоряется воспламенение топлива. Полнота сгорания топлива зависит от скорости вдувания в топку первичной смеси и вторичного воздуха. При малой скорости первичной смеси возможны выпадение из потока крупных частиц топлива и обгорание выходных патрубков Г.; при слишком большой скорости ухудшаются условия воспламенения и увеличивается длина факела. Скорость пылевоздушной смеси в круглых закручивающих Г. при сжигании пыли



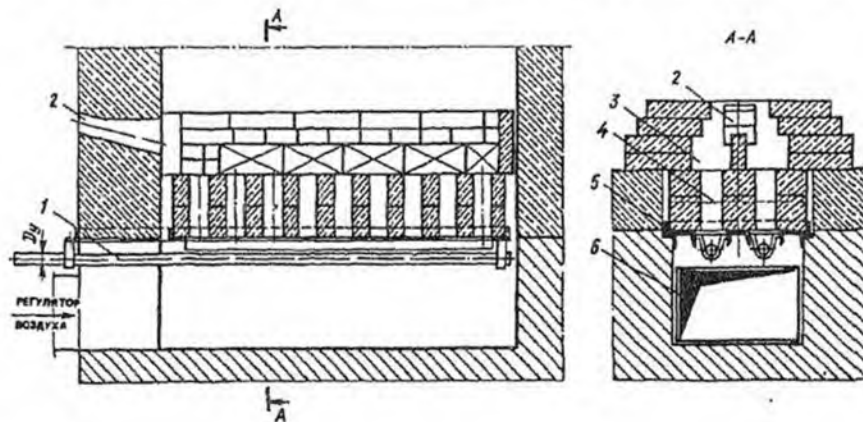
Схемы расположения пылеугольных горелок а — фронтальное; б — встречное (боковое); в — встречно-смешанное (боковое); г — двухфронтальное; д — угловое с одним фокусом встречи факелов; е — угловое боковое с двумя фокусами встречи; ж — тангенц. угловое; з — угловое в топке с двухсветным экраном; и — потолочное

антрацитов, полуантрацитов и тощих углей принимают равной 15—20 м/с, а каменных и бурых углей — 20—25 м/с; соответственно скорости вторичного воздуха принимают равными 20—30 и 25—35 м/с. Кол-во первичного воздуха, к-рое необходимо подавать в Г., с повышением выхода летучих в-в из топлива возрастает с 20—30% при сжигании антрацита до 50—60% при сжигании бурых углей. Остальное кол-во воздуха приходится на вторичный. Круглые Г. применимы для любого твердого топлива, но наиболее распространены для топлива с малым выходом летучих в-в. Единичная мощность круглых Г. достигает 14 т/ч.

В прямооточных Г. пылевоздушная смесь и вторичный воздух подаются в топку самостоят. потоками через узкие прямые щели. Ввиду отсутствия турбулизирующего эффекта прямооточные Г. создают дальнобойные плоские паралл. струи с малым углом расширения. Такие Г. сжигают пылевидное топливо в тонких

плоских паралл. струях. Пылевоздушная смесь подается в топку со скоростью 20—30 м/с через вертикал. вытянутые амбразуры, расположенные на расстоянии 1,2—2 м одна от другой. Подсос топочных газов создает в пространстве между соседними струями мощные очаги вихревых зон горячих продуктов сгорания, что обеспечивает устойчивое зажигание факела. Малая ширина Г., большой периметр и сравнительно большая скорость воспламенения обеспечивают быстрое распространение пламени на все сечение факела и расположение ядра горения вблизи амбразур. Такие Г. применяют в топках для сжигания высокореакц. топлив: бурого угля, фрезерного торфа, горючих сланцев. Пылеугольные Г. размещают на фронт. и боковых стенках топочного объема котла; в зависимости от паропроизводит. их можно располагать в несколько ярусов (в котлах большой мощности на фронт. и задней стенках в 2—4 яруса). В топках с удалением шлака топливного в твердом состоянии Г. располагают на фронт. стене, одну против другой, на двух стенах или в углах топочной камеры. При одно-, двухфронт. и боковом размещении применяют круглые и щелевые Г. с расстоянием между круглыми большим, чем между щелевыми. Продукты сгорания, выходящие из крайних Г., не должны касаться топочных экранов. Во избежание сепарации пыли гнезда Г. располагают на 1,5—2 м выше скоса холодной воронки. Дальнобойные Г. вызывают шлакование заднего экрана топки. Фронт. расположение возможно при короткофак. круглых Г. При нем пылепроводы короткие, а распределение темп-ры по ширине топки равномерное. В котлоагрегатах умеренной мощности Г. чаще располагают на противоположных боковых стенках симметрично-встречно

Горелка форкамерная 1 — газовый коллектор с отверстиями; 2 — отверстия для запальной горелки; 3 — форкамера; 4 — керамический моноблок; 5 — опорная конструкция; 6 — канал для поступления воздуха



или встречно-смещенно. При последней компоновке Г. с тонкими струями образуется мощное ядро факела с высокой темп-рой в нижней части топки, что предотвращает шлакование экранов. Распространена тангенц. компоновка угловых Г., при к-рой их оси направлены тангенциально к воображаемой окружности диаметром 1—2 м в центре топки. В топке образуется вертикал. вихрь, обеспечивающий хорошее перемешивание. При тангенц. компоновке угловых Г. лучшие результаты достигаются в топках, имеющих в плане форму, близкую к квадрату, что обуславливает хорошую аэродинамику топочного объема. Хорошее заполнение топки факелами достигается при потолочном расположении Г., но оно применяется редко из-за сложности компоновки и ухудшения условий воспламенения. При жидком шлакоудалении обычно применяют угловые щелевые горелки, а для топки с умеренной темп-рой плавления золы — круглые. При высокой темп-ре в топке и тугоплавкой золе круглые Г. подвержены сильному радиаци. обгоранию и быстро обгорают. При жидком шлакоудалении с целью создания высокотемп-рой зоны Г. располагают ниже, чем при удалении шлака в твердом состоянии. При малой нагрузке Г., расположенные слишком низко, подвержены шлакованию и могут привести к сепарации топливной пыли в ванну.

ГОРЕЛКА ФОРКАМЕРНАЯ — устройство, состоящее из газового коллектора с отверстиями для выхода газа, моноблока с каналами и керамич. огнеупорной форкамеры, размещаемых над коллектором, в к-рых происходят смешение газа с воздухом и горение газовой смеси. Г.ф. предназначена для сжигания природного газа в топках секц. чугунных котлов, сушилок и др. тепловых установок, работающих с разрежением 10—30 Па. Г.ф. располагают на поду топки, благодаря чему создаются хорошие условия для равномерного распределения тепловых потоков

по длине топки. Г.ф. могут работать на низком и среднем давлении газа. Г.ф. состоит из газового коллектора (стальной трубы) с одним рядом отверстий для выхода газа. В зависимости от тепловой мощности горелка может иметь 1, 2 или 3 коллектора. Над газовым коллектором на стальной раме установлен керамич. моноблок, образующий ряд каналов (смесителей). Каждое газовое отверстие имеет свой керамич. смеситель. Газовые струи, истекая из отверстий коллектора, эжектируют 50—70% воздуха, необходимого для горения, остальной воздух поступает за счет разрежения в топке. В результате эжекции интенсифицируется смесеобразование. В каналах смесь подогрывается, и при выходе начинается ее горение. Из каналов горящая смесь поступает в форкамеру, в к-рой осуществляется сгорание 90—95% газа. Форкамеру изготовляют из шамотного кирпича; она имеет вид щели. Догорание газа происходит в топке. Высота факела — 0,6—0,9 м, коэфф. избытка воздуха $\alpha = 1,1...1,15$.

ГОРОДСКАЯ СИСТЕМА ГАЗОСНАБЖЕНИЯ — сложный комплекс сооружений, технич. устройства и трубопроводов, обеспечивающий подачу и распределение газа между пром., коммунал. и бытовыми потребителями в соответствии с их спросом. Состоит из след. осн. элементов: *газовых сетей* низкого, среднего и высокого давлений, *газорегуляторных станций (ГРС)*, *газорегуляторных пунктов (ГРП)* и *газорегуляторных установок (ГРУ)*, системы контроля и автоматич. управления, диспетчерской службы и системы эксплуатации. Потоки природного газа поступают по магистр. газопроводам через газораспределит. станции в гор. газовые сети. На газораспределит. станции давление газа снижается клапанами автоматич. регуляторов и поддерживается пост. на требуемом для города уровне. Технол. схема газораспределит. станции включает систему автоматич. защиты, гарантирующую значение давления газа в гор. сетях, не превышающее допустимого уровня. Из ГРС газ по газовым сетям поступает к потребителям. Осн. элемент Г.с.г. — газовые сети, к-рые состоят из газопроводов разл. давлений, классифицируемых след. образом: низкого давления — до 5 кПа (избыточных); среднего — 5 кПа — 0,3 МПа; высокого II категории — 0,3—0,6 МПа и высокого давления I категории — 0,6—1,2 МПа. По газопроводам низкого давления транспортируют и распределяют газ по жилым и обществ. зданиям и предприятиям бытового обслуживания. В газопроводах жилых зданий разрешается давление до

3 кПа, а предприятий бытового обслуживания и обществ. зданиях — до 5 кПа. Обычно в сетях поддерживают низкое давление до 3 кПа, и все указанные здания и предприятия присоединяют к газовой сети непосредственно без *регуляторов давления газа*. По газопроводам среднего и высокого (0,6 МПа) давлений газ подают через ГРП в сети низкого и среднего давлений. В ГРП установлена автоматич. защита, исключающая возможность повышения давления на нижней ступени сверх допустимой нормы. По этим газопроводам через ГРП и ГРУ газ также подают пром. и коммунал. предприятиям. По действующим нормам макс. давление для пром., с.-х. и коммунал. предприятий, а также для отд. стоящих отопит. и производств. котельных допускается до 0,6 МПа, для предприятий бытового обслуживания, пристроенных к зданиям, — не более 0,3 МПа. К ГРУ, расположен. на стенах жилых и обществ. зданий, можно подавать газ с давлением не более 0,3 МПа. Газопроводы среднего и высокого давлений составляют осн. гор. распределит. сети; газопроводы высокого давления (до 1,2 МПа) применяют только в крупных городах. Пром. предприятия можно присоединять к сетям среднего и высокого давлений непосредственно без регуляторов давления, если это обосновано технич. и экономич. расчетами. Связь между газопроводами разл. давлений осуществляется только через ГРП.

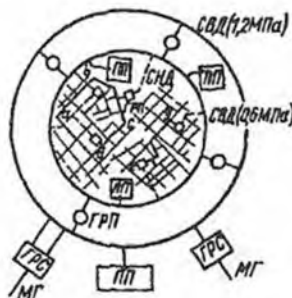
Г.с.г. имеют иерархичность в построении, к-рая увязана с классификацией газопроводов по давлению. Первый иерархич. уровень составляют сети высокого и среднего давлений, являющиеся осн. газопроводами города. Их резервируют путем кольцевания или дублирования отд. участков. Только у малых городов сети могут быть тупиковыми. Газ последовательно перетекает по ступеням со снижением давления, к-рое осуществляется скачками на клапанах регуляторов давления ГРП и поддерживается после них пост. При наличии разнородных потребителей в газоснабжаемом р-не по одной и той же улице или проезду можно параллельно прокладывать газопроводы разл. давлений. Газопроводы высокого и среднего давлений образуют единую гидравлически связ. гор. сеть. Второй иерархич. уровень составляют сети низкого давления, подающие газ многочисл. потребителям. Сети проектируют смеш. типа, закольцовывая только осн. газопроводы, а остальные выполняя тупиковыми. Газопроводами низкого давления не пересекают большие естеств. (реки, озера, овраги) и искусств. (ж.-д. линии, автомобильные магистрали) препятствия, их не прокладывают по пром. зонам, поэтому они не составляют единую гидравлически связ. гор. сеть. Сети низкого давления про-

ектируют как локальные системы, имеющие по неск. точек питания (ГРП), в к-рые газ поступает из сетей среднего или высокого давления. Третий иерархич. уровень — газовые сети жилых и обществ. зданий, пром. цехов и предприятий. Их выполняют, как правило, нерезервированными. Давление в них определяется назначением сетей и требуемым уровнем для газоиспользующих установок.

Г.с.г. по числу ступеней давления разделяют на: двухступенчатые, состоящие из сетей низкого и среднего или низкого и высокого давлений; трехступенчатые, включающие газопроводы низкого, среднего и высокого давлений; многоступенчатые, состоящие из газопроводов всех градаций давлений. Привед. градация газопроводов по давлению вызвана необходимостью иерархич. построения Г.с.г., а также след. обстоятельствами: в городе имеются потребители, для систем газоснабжения к-рых требуется разл. давление газа; необходимость в среднем и высоком давлении связана с большими потоками газа и протяж. направлениями их транспортирования; улицы и проезды центр. (старых) р-нов городов неширокие, и прокладка по ним газопроводов высокого давления может оказаться неосуществимой. Чем больше давление газа, тем большее расстояние требуется между газопроводом и зданиями. Кроме того, прокладка газопроводов высокого давления в р-нах с высокой плотностью населения нежелательна; ограничения, накладываемые на условия присоединения газорегуляторных шкафов установок, размещаемых на зданиях, обуславливают необходимость наряду с сетями высокого давления проектировать и сети среднего давления.

По назначению газопроводы делят на: распределит. высокого, среднего и низкого давлений, транспортирующие газ по снабжаемой территории; абонентские ответвления, подающие газ от распределит. сетей к отд. потребителям; внутридомовые и внутрицеховые. Гор. распределит. газопроводы высокого и среднего давлений проектируют как единую сеть, подающую газ пром. предприятиям, отопит. котельным, коммунал. потребителям и в сетевые ГРП. Создание единой сети экономически выгоднее, чем раздельной для пром.-сти и коммунально-бытового сектора.

На выбор конкурентоспособных вариантов Г.с.г. влияют след. факторы: размеры города, его планировка, застройка, плотность населения и хар-ки пром. предприятий, электростанций, наличие больших естеств. и искусств. препятствий для прокладки газопроводов; перспективный план развития города. Принятая Г.с.г. должна быть экономичной, безопасной и надежной в эксплуатации, проста и



Многоступенчатая система газоснабжения крупного города

СВД — сеть высокого давления; СНД — сеть низкого давления; ПП — пром. предприятия

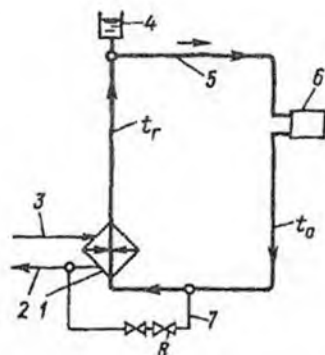
удобна при обслуживании, допускать выключение из работы отд. частей для произв. ремонта. Сооружения, оборудование и узлы в системе должны быть однотипными. В гор. сеть многоступенчатой системы газоснабжения газ поступает по 2 магистр. газопроводам через ГРС, что повышает надежность газоснабжения. Газораспределит. станции связаны неск. ответвлениями с кольцом высокого давления I категории (до 1,2 МПа), к-рое располагается по периферии города. Из этого кольца через неск. сетевых ГРП газ поступает в кольцевые сети высокого (до 0,6 МПа) или (и) среднего давления. От них идут ответвления газопроводов к пром. потребителям и в ГРП сетей низкого давления, после к-рых поддерживается давление до 3 кПа. На схеме газопроводы расположены последоват., но по улицам могут прокладываться паралл. газопроводы разных давлений. Это связано с тем, что для сокращения расхода металла сети низкого давления питают в неск. точках через ГРП и для подачи газа в центр. располож. ГРП прокладывают паралл. газопроводы высокого или среднего давлений. Такие прокладки также необходимы для подачи газа отопит. котельным и пром. предприятиям, располож. внутри жилых массивов. Сеть низкого давления выполнена в виде 2 зон, к-рые не соединены между собой. Это вызвано структурой города. Для повышения надежности ГРП каждой зоны соединены газопроводами низкого давления больших диаметров (а, б, с, d, e, g). Это резервирует ГРП по низкой ступени давления. В средних и небольших городах обычно применяют двухступенчатую систему с газопроводами высокого (до 0,6 МПа) и низкого давлений. Если в центр. части города проложить газопроводы высокого давления нельзя, то их разделяют на две составляющие: сети среднего давления в центр. части и сети высокого давления на периферии. Получается трехступенчатая система. Диаметры распределит. газопроводов обычно изменяются в пределах 50—400 мм.

Для возможности отключения участков газопроводов высокого и среднего давлений, отд. зон сетей низкого давления, сооружений на сетях и жилых, обществ. и пром. зданий или групп зданий устанавливают отключающие устройства — задвижки или пробковые краны. Задвижки устанавливают на вводах и выводах из ГРП, на ответвлениях от уличных газопроводов к микрорайонам, кварталам, группам жилых домов, при пересечении водных преград, железных и автомобильных дорог. Задвижки на наружных газопроводах располагают в колодцах совместно с линзовыми компенсаторами, к-рые снимают темп-рные и монтажные напряжения, а также обеспечивают удобный монтаж и демонтаж запорной арматуры. Колодцы разрешается устанавливать на расстоянии не менее 2 м от линии застройки или ограждения территории предприятий. Число отключающих устройств должно быть обоснованным и миним. необходимым. Задвижки на вводах в здания монтируют на стенах, выдерживая определ. расстояния от дверных и оконных проемов. При расположении арматуры на высоте более 2,2 м предусматривают площадки с лестницами для их обслуживания.

ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ — полезные ископаемые, дающие при сухой перегонке значит. кол-во смолы (близкой по составу к нефти). Г.с. состоят из минер. и органич. частей. Г.с. имеют пром. значение как топливно-энергетич. сырья. Из отходов (зола) получают стройматериалы (цемент и др.). Потребителями Г.с. являются ТЭС, котельные, сланцеперерабатывающие комбинаты.

ГРАВИТАЦИОННОЕ ДАВЛЕНИЕ НА ОГРАЖДЕНИЯ ЗДАНИЯ — избыточное давление, возникающее за счет разницы уд. веса воздуха снаружи и внутри здания.

ГРАВИТАЦИОННОЕ ОТОПЛЕНИЕ — обогреват. установка или совокупность обогреват. установок, в к-рых происходит естеств. циркуляция теплоносителя под воздействием гравитац. сил. Применительно к водяному отоплению гравитац. циркуляция возникает в замкнутых кольцах системы с вертик. участками вследствие неравномерного распределения плотности воды на них. Область применения Г.о. ограничена отоплением отд. жилых квартир (см. *Квартирное отопление*), особобл. зданий (особенно в отд. сел. местности), зданий при ненадежном снабжении электр. энергией. Г.о. применяется также в зданиях, в к-рых недопустимы вызываемые циркуляционными насосами шум и вибрация конструкций (напр., при точных измерениях). Г.о. может быть устроено для отопления верхних помещений вы-



Приципальная схема гравитационной системы отопления

1 — теплообменник (теплогенератор); 2, 3 — наружные обратный и подающий теплопроводы; 4 — расширительный бак; 5 — верхняя подающая магистраль; 6 — отопительный прибор; 7 — дополнительная подпиточная труба; 8 — обратный клапан

соких зданий (напр., технич. этажа). Ограничение области применения Г.о. связано с тем, что для циркуляции воды используется сравнительно малое различие в гидростатич. давлении в вертик. частях системы, к-рое только в высоких зданиях достигает значений, соизмеримых с давлением, создаваемым циркуляц. насосом.

В малоэтажных зданиях системы Г.о. имеют след. недостатки по сравнению с насосной системой водяного отопления: сокращ. радиус действия; повыш. первонач. стоимость; увелич. расход металла и затраты труда на монтаж; замедл. включение в действие; повыш. опасность замерзания воды в трубах, пролож. в неотапливаемых помещениях. Вместе с тем системы Г.о. обладают достоинствами, определяющими в отд. случаях их выбор: простота устройства и эксплуатации; независимость действия от снабжения электр. энергией; отсутствие циркуляц. насосов и соответственно шума и вибраций; сравнит. долговечность; улучшение теплового режима помещений, обусловл. действием с количеств. саморегулированием. В системе Г.о. создается своеобразный механизм естеств. регулирования: при проведении обычного качеств. регулирования (т.е. при изменении темп-ры воды) самопроизвольно возникают количеств. изменения (изменяется расход воды). Одноврем. изменение темп-ры и кол-ва циркулирующей воды обеспечивает необходимую теплоотдачу отопительных приборов для поддержания равной темп-ры помещений. При естеств. циркуляции воды преимущество в малоэтажных зданиях отдается *двухтрубной системе отопления*; вертик. *однотрубная система водяного отопления* предпочтительна в многоэтажных зданиях, где благодаря увеличению естеств. циркуляц. давления можно уменьшить диаметр труб (по сравнению с

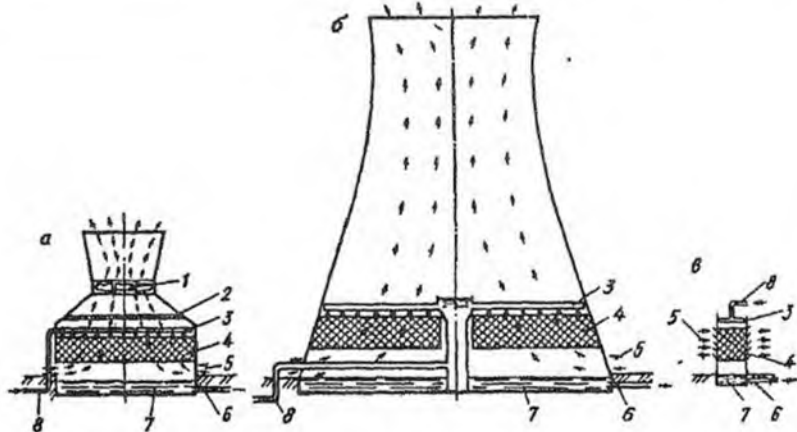
двухтрубной), а также располагать отопит. приборы ниже котла или теплообменного аппарата. Схема системы Г.о. во многом подобна схеме насосной системы отопления. Особенности ее конструкции: как правило, применяется верхняя разводка для улучшения циркуляции воды; бак расширительный присоединяется непосредственно к гл. стояку; подающая магистраль прокладывается с увелич. уклоном для сбора воздуха в точке присоединения бака расширительного; применяются радиаторы, присоединяемые к стоякам с обеспечением движения воды в них сверху вниз; однотрубные стояки устраиваются с замыкающими участками у радиаторов. Принцип. схема системы водяного Г.о. с верхней разводкой и теплообменником применяется при независимом присоединении ее к наружным теплопроводам. Наполнение и подпитка системы осуществляются водой (обычно деаэрированной) из наружного обратного теплопровода без подпиточного насоса, что возможно при достаточно высоком давлении в нем. При местном теплоснабжении теплообменник заменяется котлом.

Возможно применение системы Г.о. с нижней разводкой обеих магистралей. Однако при этом уменьшается циркуляц. давление, что приводит к увеличению диаметра труб; усложняются сбор и удаление воздуха из системы. Бак расширительный в этом случае можно использовать для удаления воздуха только при прокладке спец. воздушных труб. В двухтрубной системе Г.о. для создания достаточного циркуляц. давления желательно увеличивать вертикал. расстояние между нижними отопит. приборами и теплообменником, доводя его хотя бы до 3 м.

Система с "опрокинутой" циркуляцией при естеств. циркуляции воды не используется, т.к. в ней иногда возникает "обратное" движение охлажденной воды в стояках.

ГРАДИРНИЯ (от нем. gradieren — сгущать соляной раствор) — сооружение, аппарат для охлаждения воды атм. воздухом. Первоначально Г. служили для добычи соли выпариванием. Современные Г. применяют гл. обр. в системах оборотного водоснабжения пром. предприятий, ТЭС и АЭС для понижения темп-ры воды, отводящей теплоту от теплообменных аппаратов, компрессоров и др. оборудования. Охлаждение происходит в основном за счет испарения части воды, стекающей по оросителю под действием силы тяжести. Испарение 1% воды в Г. понижает ее темп-ру примерно на 6°C. При испарительном охлаждении может быть достигнута темп-ра воды, более низкая, чем темп-ра воздуха.

Ороситель — один из осн. элементов Г. предназначен для увеличения площади соприкосновения воды и воздуха и, следова-



тельно, для ускорения процесса охлаждения воды. Он представляет собой систему вертикал. щитов из тонких листовых материалов или из дерева, по поверхности которых вода стекает в виде пленки (пленочный ороситель), либо систему горизонт. планок и реек, разбивающих воду на мелкие капли (капельный ороситель). Существует еще брызгальный ороситель, в к-ром соприкосновение воды и воздуха осуществляется за счет ниспадающего потока капель воды, создаваемого водоразбрызгивающими соплами водораспределителя по площади Г. В брызгальном оросителе отсутствуют к.-л. конструктивные элементы, увеличивающие площадь поверхности контакта воды и воздуха. По типу оросителя Г. подразделяют на пленочные, капельные и брызгальные; по способу подачи воздуха — на вентиляторные, башенные (в к-рых создается тяга воздуха с помощью высокой вытяжной башни) и открытые (или атм.), использующие силу ветра и отчасти естеств. конвекцию для потока воздуха по оросителю. Вентиляторные Г. в свою очередь делятся на секционные и отдельно стоящие. Имеются и т.н. сухие или радиаторные Г., в к-рых вода передает теплоту атм. воздуху через стенки радиаторов, не вступая с ними в непосредств. контакт. Радиаторные Г. могут быть вентиляторными и башенными. Вентиляторные Г. обеспечивают более глубокое и устойчивое охлаждение воды и большие уд. тепловые нагрузки, чем башенные и атм., но требуют дополнит. расхода электроэнергии. На вентиляторные Г. допускается уд. тепловая нагрузка 90—120 тыс. Вт/м² [80—100 тыс. ккал/(ч·м²)] и выше, в то время как на башенные Г. при прочих равных условиях эта нагрузка не превышает 90 тыс. Вт/м² [80 тыс. ккал/(ч·м²)]. Для атм. Г. макс. тепловая нагрузка составляет 35—60 тыс. Вт/м² [30—50 тыс. ккал/(ч·м²)]. Зависимость охладит. эффекта атм. Г. от силы и направления ветра ограничивает область их применения. Тип и размеры Г. и ее осн. элементов определяют технико-экономич. расчетами в зависимости от кол-ва и темп-ры охлаждае-

Градирия

а — вентиляторная; б — башенная; в — атмосферная; 1 — вентилятор; 2 — водоуловитель; 3 — водораспределитель; 4 — ороситель; 5 — вход воздуха; 6 — отвод воды; 7 — резервуар; 8 — подвод воды

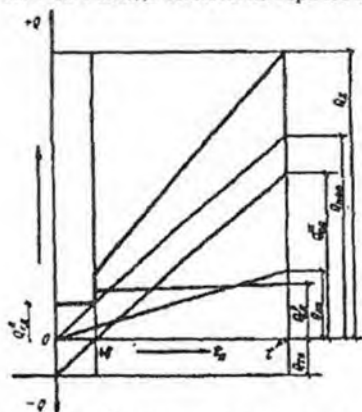
мой воды и параметров атм. воздуха — темп-ры по сухому и влажному термометрам и барометрич. давления. Вместо темп-ры по влажному термометру может быть задана относит. влажность атм. воздуха. Теоретич. пределом охлаждения воды в Г. считается темп-ра атм. воздуха по влажному термометру, к-рая всегда ниже темп-ры по сухому термометру при относит. влажности менее 100%. С помощью вентиляторных Г. темп-ру охлажденной воды получают на 4—6°C (в отд. случаях на 2—3°C) выше темп-ры воздуха по влажному термометру, с помощью башенных Г. — на 8—10°C. Радиаторные Г. обеспечивают охлаждение воды только выше темп-ры воздуха по сухому термометру.

ГРАДУСО-СУТКИ — числовой показатель сравнит. суровости зимы в данной местности, определяемый путем умножения нормативной продолжит. отопительного сезона, выраженной в сут, на разность темп-ры внутр. воздуха (18—20°C) и темп-ры наружного воздуха, средней в течение этого времени года. Для Москвы, напр., число Г.-с. составляет 213 [+18 - (-3,6)] = 4600 (для сравнения: в Сочи — 1040, на севере Красноярского края — 12800).

ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ — описывают тепловые условия на границах тела в процессах теплопередачи. Границами являются как внешн., так и внутр. поверхности, отделяющие тело от другого тела или от внутр. полости, содержащей газ или жидкость. Различают Г.у.: I рода — заданная темп-ра на поверхности t_n , °C; II рода — заданная плотность теплового потока q_n , Вт/м²; III рода — заданный теплообмен на поверхности $q_n = \alpha (t_c - t_n)$, где α — коэфф. теплообмена, Вт/(м²·K); IV рода — заданные условия на стыке материальных слоев.

Независимое совместное воздействие на поверхности теплового потока q , Вт/м², и темп-ры окружающей среды t_c , °С, обычно приводится к Г.у. III рода увеличением значения t_c на величину эквивалентной надбавки q/α (см. Принцип суперпозиции).

ГРАФИКИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОТЫ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ — зависимости потребной тепловой мощности на системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, присоедин. к тепловым сетям, от темп-ры наружного воздуха. По ним совместно с графиками температуры рассчитывают расходы теплоносителя для всех режимов отопит. периода. Зависимости расхода теплоты, Вт, для каждого вида потреблений изображают графически в зависимости от темп-ры наружного воздуха. Они могут быть построены как уд. расход теплоты, отнес. к 1 чел. Т.к. для всех видов потребления справедлива линейная связь (см. Расход теплоты в системах теплоснабжения), для построения графика достаточно знать тепловые нагрузки в неск. характерных точках. За такие точки выбирают наружную расчетную темп-ру $t_{н.р.}$, темп-ру начала — конца отопит. периода ($t_{н.к.} = 8^\circ\text{C}$) и расчетную темп-ру воздуха в отапливаемых помещениях ($t_{в.р.} = 18^\circ\text{C}$). Расходы теплоты на теплопотери и инфильтрацию жилых, на отопление и вентиляцию гражданских зданий изображаются прямыми линиями, имеющими нулевое значение при $t_{в.р.} = 18^\circ\text{C}$ и расчетное (макс.) при $t_{н.к.}$. Линии существуют от $t_{н.к.}$ до $t_{н.р.} - 8^\circ\text{C}$, после к-рой прерываются. Расходы теплоты на горячее во-



Графики потребления теплоты в системах теплоснабжения

$Q_{от}$ — расходы теплоты на отопление и вентиляцию жилых зданий; $Q_{в}$ — то же, общественных зданий; $Q_{нов}$ — теплопотери и инфильтрация жилых зданий; $Q_{гв}$ — внутренние тепловыделения; $Q_{гв}$ — горячее водоснабжение зимой; $Q_{л}$ — то же, летом; $+8^\circ\text{C}$ — $t_{н.к.}$ — диапазон температур для текущих значений расходов теплоты; при $t_{н.к.}$ — расчетные значения расходов теплоты

доснабжение описываются двумя горизонт. линиями: в пределах отопит. периода — средний зимний расход, вне пределов этого периода — летний расход. Внутр. тепловыделения в жилых зданиях являются притоком теплоты, поэтому на графике их откладывают в отрицат. области оси ординат в виде горизонт. прямой линии. На схеме по оси абсцисс отложены темп-ры наружного воздуха t_n , °С, по оси ординат — расходы теплоты, Вт. Расход теплоты на отопление и вентиляцию жилых зданий определяется как расход на теплопотери через наружные ограждения, плюс расход теплоты на инфильтрацию, минус тепловыделения. Суммарная прямая пересекает ось абсцисс вблизи темп-ры наружного воздуха в 8°C . Это дает основание считать, что при данной темп-ре внутр. тепловыделения покрывают потери теплоты, и отопление здания можно выключать. Темп-ра t_n , равная 8°C , считается концом отопит. периода. Учет расхода теплоты на внутр. тепловыделения приводит к тому, что прямая суммарного расхода теплоты на отопление и вентиляцию зданий не проходит через начало координат. Это условие пересечет расхода теплоты с изменением наружной темп. Суммарная прямая общего расхода теплоты в пределах отопит. сезона линейно растет с снижением наружных темп-р, а в летний период сохраняется постоянной.

ГРАФИКИ ТЕМПЕРАТУР — зависимости, связывающие темп-ру теплоносителя, выходящего из источников теплоты системы теплоснабжения, с темп-рой наружного воздуха. Они отражают методич. регулирование подачи теплоты потребителям. При качеств. центр. регулировании подачи теплоты изменение ее кол-ва достигается изменением темп-ры теплоносителя при его пост. расходе. Количеств. регулирование можно осуществлять от р-ных котельных, при этом на выходе из источника теплоты темп-ру воды поддерживают пост., а потребное кол-во теплоты для нагреват. приборов регулируют потребители, изменяя расход поступающего теплоносителя. При таком регулировании темп-ра воды в источнике теплоты поддерживается на наиболее высоком уровне. Для систем теплофикации это экономически невыгодно, т.к. сокращается выработка электроэнергии на тепловом потреблении. Различие этих двух методов состоит также в том, что качеств. регулирование — это центр. регулирование в источнике теплоты, а количеств. регулирование осуществляют потребители приборами. При качеств. регулировании математич. связь темп-р вытекает из соответствия подаваемой теплоты ее потребности и отражает хар-ки нагреват. приборов, к-рые изменяются с темп-рой. Осн. потребитель теплоты — система отопления

зданий, поэтому исходный Г.т. строят т.о., чтобы удовлетворить отопит. нагрузку и наз. его отопит. Г.т. Кол-во теплоты, поступающей в нагреват. прибор, через его стенки отдается окружающей среде, обеспечивая пост. темп-ру воздуха независимо от наружной темп-ры. Вода, охлаждаемая в нагреват. приборах, возвращается в систему, унося с собой неиспользов. з.т.т.т. Если считать коэфф. теплоотдачи строит. ограждений зданий пост., то связь между расходом теплоты на отопление и наружной темп-рой оказывается линейной. Но коэфф. теплопередачи нагреват. приборов принимать пост. нельзя, поэтому Г.т. получаются нелинейными. Отопит. Г.т. следует получить в результате решения трех (два балансовых и одно теплопередачи) ур-ний нагреват. прибора. Балансовое ур-ние для воздуха написать нельзя, т.к. его темп-ра в помещении считается пост., поэтому отопит. Г.т. получают в результате решения ур-ния теплопередачи и баланса теплоты для воды, циркулирующей через нагреват. прибор. $Q = kF(t_3 + t_2)/2 - t_{вн}$; $Q = W_{от}(t_3 - t_2)$, где Q — расход теплоты, Вт; k — коэфф. теплопередачи, Вт/(м²·°С); F — площадь поверхности нагрева, м²; t_3 и t_2 — темп-ры входа и выхода воды в нагреват. прибор, °С; $t_{вн}$ — темп-ра воздуха внутри помещения, °С; $W_{от}$ — тепловой эквивалент расхода воды, Вт/°С.

Коэфф. теплопередачи для нагреват. приборов получают экспериментально и приматематич. обработке данных используют арифметич., а не логарифмич. разность темп-р, она и использована в ур-нии теплопередачи. Решение ур-ний дает математич. выражение для отопит. Г.т.:

$t_3 = t_{вн} + \frac{Q}{W_{от}} \left(\frac{\Delta t_{вп}}{k} \right) + \frac{\Delta t}{2} \frac{W_{от}}{W_{от}}$;
 $t_2 = t_3 - \frac{Q}{W_{от}} \left(\frac{\Delta t_{вп}}{W_{от}} \right)$, где $\frac{Q}{W_{от}} = Q/W_{от}$ и $\frac{W_{от}}{W_{от}} = W/W_{от}$ — относит. (по сравнению с расчетными значениями) расходы теплоты и эквиваленты расходов воды; $\Delta t_{вп} = t_3 - t_2$ — расчетная разность темп-р для системы отопления; $\Delta t_{вп} = (t_3 + t_2)/2 - t_{вн}$ — расчетная средняя разность темп-р. Ур-ние для темп-ры t_3 написано в предположении, что расход теплоносителя перем., поэтому его можно использовать при качеств. и количеств. регулировании. При качеств. регулировании $W_{от} = 1$.

Коэфф. теплопередачи через нагреват. приборы в осн. определяется интенсивностью отдачи теплоты от стенки прибора в помещение, т.к. термич. сопротивление теплоотдачи от воды к стенке прибора и самой стенки малы. Теплоотдача в помещение зависит от разности темп-р между стенкой и окружающей средой. Эта зависимость, установл. экспериментально, следующая: $k = (\Delta t_{вп}/\Delta t_{вп})^n$, где показатель степени изменяется в

зависимости от типа нагревательного прибора в пределах $n = 0,25 \dots 0,32$. Из ур-ния теплопередачи и приведенной зависимости для k получаем связь между k и Q : $k = Qn / (n + 1)$.

Ур-ния для отопит. Г.т. при качеств. регулировании примут след. вид: $\tau_3 = t_{\text{вн}} + \Delta t \bar{P}_p \bar{Q}^{1/(n+1)} + 0,5 \Delta t \bar{B}_t \bar{Q}$;

$$\tau_2 = \tau_3 - \Delta t \bar{B}_t \bar{Q}$$

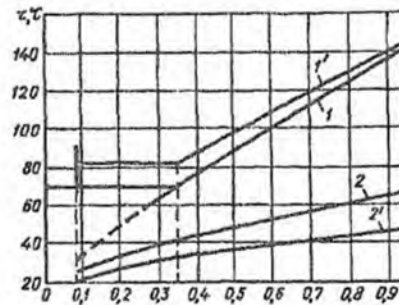
На пути от источника теплоты до нагреват. приборов устанавливают промежуточный теплообменник для снижения темп-ры теплоносителя от τ_1 до τ_3 . Тепловые процессы в нем могут отразиться на Г.т., поэтому для источника теплоты Г.т. должен быть такой, чтобы после промежуточного теплообменника темп-ра теплоносителя изменялась соответственно ур-нию отопит. Г.т. для τ_3 . Промежуточные теплообменники применяют двух типов: смесит. или поверхностные. В качестве смесит. используют элеватор или смешение осуществляют насосом. В обоих случаях коэфф. смешения на всем диапазоне темп-р наружного воздуха сохраняется пост., и полученная закономерность для отопит. графика не изменится. Темп-ра после смесителя должна быть равной τ_3 , это определяет темп-ру τ_1 : $W_{\text{т.с}} \tau_1 + W_{\text{под}} \tau_2 = (W_{\text{т.с}} + W_{\text{под}}) \tau_3$; $u = (\tau_1 - \tau_3) / (\tau_3 - \tau_2)$, где $u = W_{\text{под}} / W_{\text{т.с}}$ — коэфф. смешения.

Коэфф. u сохраняется пост., поэтому приведенное соотношение сохраняется одинаковым для любой наружной темп-ры.

Ур-ние для τ_1 : $\tau_1 = \tau_3 + (\tau_1^{\text{н}} - \tau_3^{\text{н}}) \bar{Q}$. По получ. зависимостям для τ_1 , τ_3 и τ_2 строят отопит. Г.т., кривые 1 и 2 для темп-р τ_1 и τ_2 при $\Delta t \bar{P}_p = 150 \dots 70^\circ\text{C}$.

Если в качестве промежуточного устанавливают поверхностный теплообменник, учитывают влияние изменения коэфф. теплопередачи с изменением режима работы на зависимость для τ_1 . У водонагревателей с вынужденным конвективным теплообменом этот коэфф. изменяется с изменением расхода теплоносителя. Через теплообменник проходят два расхода: греющей — вода *тепловой сети* и нагреваемый — вода системы отопления. При качеств. регулировании расходы этих теплоносителей постоянны. Сохраняется пост. и коэфф. теплопередачи, поэтому ур-ние для τ_1 будет иметь такой же вид, как и для смесит. теплообменника.

При обеспечении системой теплоснабжения подачи теплоты для отопления зданий и на горячее водоснабжение норм. отопит. Г.т. корректируют. Учитывая остывание теплоносителя, темп-ру воды, к-рая к потребителям должна поступить с темп-рой не ниже 50°C , на выходе из подогревателей системы горячего водо-



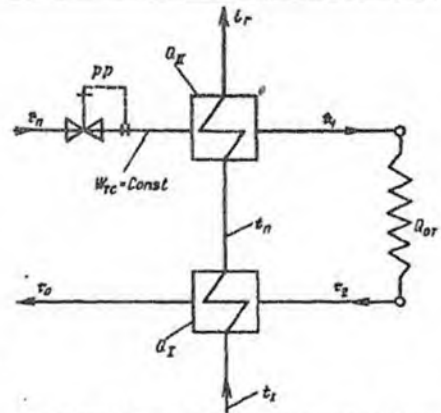
Температура воды в подающем (1, 1') и обратном (2, 2') трубопроводах тепловой сети

снабжения принимают равной 60°C , а греющей сетевой воды — не ниже 70°C . Отопит. сезон заканчивается при темп-ре наружного воздуха, равной 8°C . Ей соответствует темп-ра подаваемой источником теплоты воды примерно 55°C . Она существенно ниже 70°C , поэтому при нагрузке \bar{Q} , к-рой соответствует $\tau_1 = 70^\circ\text{C}$, производят излом Г.т., сохраняя темп-ру τ_1 пост. и равной 70°C вплоть до конца отопит. сезона. Точке излома Г.т. соответствует нагрузка $Q = 0,34$. В зоне нагрузок $Q < 0,34$ Г.т., поддерживаемый на источнике теплоты, не соответствует требованиям качеств. регулирования и превращается в график количества регулирования.

При транспортировке теплоты, используемой для горячего водоснабжения, по *трубопроводам*, к-рые рассчитаны на пропуск только теплоносителя для отопления, необходимо повысить его темп-ру. Такое увеличение осуществляют при регулировании подачи теплоты по повыш. Г.т., т.е. графику регулирования по совмещенной нагрузке. Его применяют при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения к тепловым сетям. Г.т. рассчитывают на балансовую нагрузку горячего водоснабжения. При последоват. схеме присоединения теплообменников расходуется след. кол-во теплоты на подогрев горячей воды в подогревателе: I ступени — $Q_1 = W_{\text{т.с}} (\tau_2 - \tau_0) = W_{\text{т.с}} \delta \tau_1$; II ступени — $Q_2 = W_{\text{т.с}} (\tau_1 - \tau_1) = W_{\text{т.с}} \delta \tau_{\text{II}}$.

Суммарный расход теплоты равен расходу теплоты, необходимой для горячего водоснабжения: $Q_{\Sigma} = Q_{\text{в}} = Q_1 + Q_2 = W_{\text{т.с}} (\delta \tau_1 + \delta \tau_{\text{II}}) = W_{\text{т.с}} \delta \tau$, где τ_1 и τ_0 — темп-ры в подающей и обратной линиях тепловой сети по повыш. Г.т.; $\delta \tau_1$ и $\delta \tau_{\text{II}}$ — перепады темп-р греющего теплоносителя в подогревателях I и II ступеней; $\delta \tau$ — суммарный перепад темп-р.

Подача теплоносителя в тепловой пункт, включая нагрузки на отопление и



Последовательная схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения к тепловым сетям

горячее водоснабжение, сохраняется автоматич. регулятором расхода пост. $W_{\text{т.с}} = \text{const}$. Режим потребления горячей воды в течение суток — переменный. График регулирования строят в предположении выравн. графика потребления горячей воды. Это достигают установкой у потребителей баков-аккумуляторов горячей воды или использованием для аккумуляции теплоемкости строит. конструкций зданий при связ. регулировании подачи теплоносителя.

Расход теплоты на горячее водоснабжение не зависит от наружной темп-ры, поэтому $\delta \tau = \text{const}$. При построении повыш. Г.т. первоначально определяют остывание теплоносителя в подогревателе I ступени, используя ур-ние баланса теплоты: $\delta \tau_1 = W_{\text{г.в}}^{\text{б}} (t_n - t_x) / W_{\text{т.с}} = \rho_{\text{г.в}}^{\text{б}} (\Delta t \bar{P}_p / \Delta t_{\text{г.в}}) (t_n - t_x)$, где $W_{\text{г.в}}^{\text{б}}$ — тепловой эквивалент балансового расхода горячей воды; $\Delta t_{\text{г.в}}$ и t_n — подогрев и промежуточная темп-ра горячей воды; $\rho_{\text{г.в}}^{\text{б}} = Q_{\text{г.в}}^{\text{б}} / Q_{\text{в}}$ — относит. расход теплоты на горячее водоснабжение по сравнению с расчетным расходом теплоты на отопление; $\rho_{\text{г.в}}^{\text{б}}$ — осн. хар-ка нагрузки теплового пункта.

Расчетное значение $\delta \tau_1$ получают для точки излома Г.т., принимая недогрев водопроводной воды в теплообменнике I ступени в 5°C , т.е. считая $t_n^{\text{н}} = \tau_1^{\text{н}} - 5$. Для др. темп-р наружного воздуха $\delta \tau_1$ рассчитывают из соотношения $\delta \tau_1 = \delta \tau_1^{\text{н}} (t_n - t_x) / (t_n^{\text{н}} - t_x)$. Это соотношение преобразуют, используя выражение для безразмерного параметра $\varepsilon_x: t_n - t_x = \varepsilon_x (\tau_2 - t_x)$.

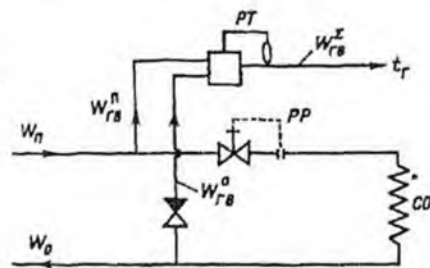
Для всех темп-р наружного воздуха расходы теплоносителя сохраняются пост., поэтому остаются неизменными и безразмерные параметры, а расчетное соотношение записывают так: $\delta \tau_1 = \delta \tau_1^{\text{н}} (\tau_2 - t_x) / (\tau_1^{\text{н}} - t_x)$.

Величины остывания теплоносителя в водоподогревателе Иступени для различных значений наружных темп-р рассчитывают по ур-нию $\delta t_{II} = \delta t - \delta t_I$, где δt_I и δt_{II} определяют для всего диапазона темп-р наружного воздуха от точки излома Г.т. до расчетной темп-ры, и по полученным значениям строят зависимость t_{II} и t_o от наружной темп-ры. Для смеш. схемы с ограничением расхода теплоносителя график регулирования по совмещ. нагрузке получается такой же. При повыш. Г.т. в зоне тепловых нагрузок, меньших $\bar{Q}_{из}$, для обеспечения норм. работы системы отопления также необходимо применять количеств. регулирование.

ГРАФИКИ ТЕМПЕРАТУР И РАСХОДОВ ВОДЫ В ОТКРЫТЫХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

зависимости, связывающие параметры теплоносителя с темп-рой наружного воздуха. Теплоноситель в виде горячей воды нагревается источниками теплоты систем теплоснабжения, циркулирует через системы отопления и непосредственно используется в системах горячего водоснабжения. Для обеспечения макс. водоразбора подающие трубы рассчитываются на пиковый расход горячей воды плюс циркуляц. расход на отопление. Это вызывает необходимость прокладки труб больших диаметров. Избежать этого можно выравниванием графика потребления горячей воды, что достигается использованием теплоаккумулирующей способности зданий в результате связанного регулирования подачи теплоты на отопление и горячее водоснабжение.

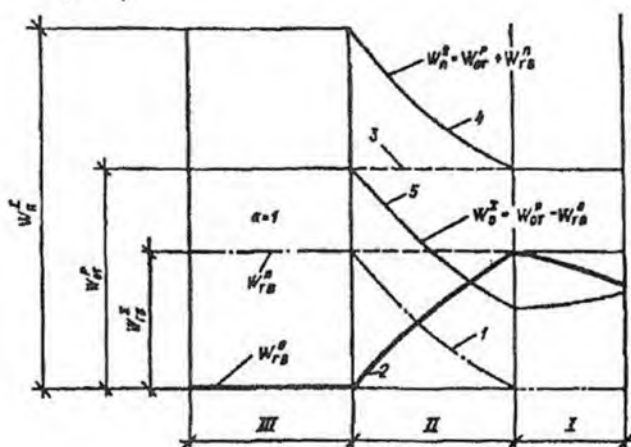
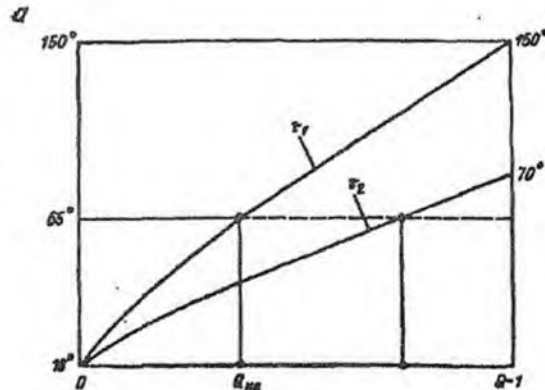
Расход воды в тепловых сетях изменяется в зависимости от темп-ры наружного воздуха. На схеме показана открытая система теплоснабжения с несвязанным регулированием подачи теплоты на отопление и горячее водоснабжение, к-рое обеспечивают регулятор постоянства расхода воды на отопление и регулятор темп-ры воды, отбираемой на горячее водоснабжение. Темп-ра теплоносителя, поступающего к потребителям от источника теплоты, изменяется в зависимости от темп-ры наружного воздуха по отопительно-быто-



Открытая система с несвязанным регулированием подачи теплоносителя на отопление и горячее водоснабжение

Графики режимов теплоносителя в открытой системе теплоснабжения с несвязанным регулированием

а — отопительно-бытовой график температур; б — тепловые эквиваленты расходов теплоносителя; 1 и 2 — отбор воды из подающей и обратной линий; 3 — расход воды на отопление; 4, 5 — расход воды в подающей и обратной линиях



вому графику. Различают три характерных режима отбора горячей воды из тепловой сети. Первый соответствует низкому наружному темп-рам. При этом в тепловых сетях поддерживается высокая темп-ра воды, а темп-ра теплоносителя, поступающего в обратную линию из системы отопления, превышает или равна 65°C . В этом случае темп-рный уровень теплоносителя в обратной линии удовлетворяет требованиям горячего водоснабжения, поэтому отбор воды осуществляется только из нее $W_{г.в.}^{\Sigma} = W_{г.в.}^o$, где $W_{г.в.}^{\Sigma}$, $W_{г.в.}^o$ — тепловые эквиваленты потоков теплоносителя суммарного и отбираемого из обратной линии, Вт/оС. Второй режим соответствует диапазону наружных темп-р, при к-ром темп-ра обратной воды ниже, а в подающей линии выше 65°C . Для обеспечения темп-ры воды для горячего водоснабжения в 65°C ее необходимо отбирать из подающей и обратной линий в соответствующем соотношении. Этот режим охватывает зону от $t_2 65^\circ\text{C}$ до $t_1 65^\circ\text{C}$. Последняя граница соответствует точке излома графика темп-р. Отборы воды определяются соотношениями $W_{г.в.}^{\Sigma} = \alpha W_{г.в.}^{\Sigma}$,

$W_{г.в.}^o = (1 - \alpha) W_{г.в.}^{\Sigma}$, где $W_{г.в.}^{\Sigma}$ — тепловой эквивалент отбора воды из подающего трубопровода. Третьему режиму соответствует темп-ра 65°C в подающей линии. Горячая вода отбирается только из нее:

$W_{г.в.}^{\Sigma} = W_{г.в.}^o$; $\alpha = 1$. Этот режим приходится на осенне-весенний период и завершается окончанием отопительного сезона ($t_{н} = 8^\circ\text{C}$). Каждому режиму соответствуют разл. расходы теплоносителя в разных элементах открытой системы теплоснабжения, причем в отд. элементах потоки могут быть равны 0, т.е. отсутствовать, что эквивалентно отсутствию в системе элемента с нулевым расходом. Т.о. с изменением режима отбора горячей воды изменяется структура открытой системы, что для нее характерно.

При отборе горячей воды из подающей и обратной линий (второй режим) все элементы системы работают. При отборе только из обратной линии (первый режим) трубопровод от подающей линии к смесит. устройству закрыт, что эквивалентно его отсутствию. При отборе только из подающей линии (третий режим) соответственно закрыт трубопровод от обратной линии. При отсутствии водоразбора схема