

применимо для решения многослойной. А. М. Шкловер предложил в каждом слое многослойной конструкции иметь свои координаты, т.е. каждый стык между слоями считать началом отсчета координаты для след. слоя. В результате задача распалась на ряд однослойных задач. Условия равенства темп-ры и тепловых потоков на стыках слоев заменяют их отношениями, т.е. коэфф. теплоусвоения. Коэфф. теплоусвоения наружной поверхности $(m-1)$ -го слоя приравниваются к коэфф. теплоусвоения внутр. поверхности m -го слоя. Т.о., число ур-ний граничных условий сократилось в 2 раза, что упростило решение, а ф-лы этих решений для последующих слоев получили рекуррентный вид.

Инж. (упрощен.) решения ур-ния теплопроводности связаны, во-первых, с принятой формой записи гармонически изменяющихся темп-рных или тепловых волн в виде косинусоиды, когда в качестве нач. фазы принимаются время макс. этой величины. Во-вторых, для получения инженерных решений векторные величины (коэфф. теплоусвоения, затухания и др.) описывают их модулями и аргументами. В таком виде операции умножения и деления векторов с гармониками довольно просты. В-третьих, инж. решения связаны с заменой величины $\text{th } R_m S_m \sqrt{i}$, входящей в расчетные ф-лы (где R_m — термич. сопротивление слоя, а S_m — коэффициент теплоусвоения материала), приближ. значением.

Полученные для гармонич. воздействий решения применены к задачам негармонич. периодич. тепловых воздействий, часто встречающихся на практике. Негармонич. периодич. изменение темп-ры представляют в виде ряда Фурье и к каждой гармонике ряда применяют решение для гармонич. воздействия, затем получ. результаты складывают, при этом реализуется принцип суперпозиции. Описанным способом получено решение задачи теплового режима ограждения при теплообмене со средой, в к-рую поступает *прерывистая тепловая нагрузка* (прерывистое тепловыделение).

Т.т. ограждений позволила решить задачу *теплоустойчивости помещения*. Колебания тепловых потоков, приходящих в него, считаются источником тепловых волн, направленных изнутри. Влияние теплоустойчивости помещения приводит к сглаживанию колебаний темп-ры воздуха и на внутр. поверхности ограждений. Хар-ками теплоустойчивости помещения являются *показатель теплоусвоения* и *показатель теплопоглощения помещения*. Для отыскания колебаний темп-ры воздуха и внутр. поверхностей ограждений определяют теплопоступления при пост. внутр. темп-ре, к-рые затем учитывают во взаимодействии с тепло-

аккумулирующей способностью помещения. Такой порядок расчета позволяет определять изменения темп-ры в виде суммы отд. составляющих, формирующихся под воздействием разл. источников поступления теплоты, что облегчает анализ вклада каждого источника и нагрузку на системы кондиционирования микроклимата. Подход к задаче о тепловом режиме помещения осуществлен с разной степенью детализации: на основе общего теплового баланса помещения; с отдельным учетом лучистой и конвективной природы тепловыделений; с рассмотрением взаимного облучения всех внутр. поверхностей помещения.

Т.т. широко применяют в проектной практике при выборе толщины теплоизоляц. слоя наружных ограждений в южных р-нах, при определении расчетной нагрузки на системы вентиляции и кондиционирования воздуха, при расчете теплового режима помещения для прерывистых режимов отопления и вентиляции.

ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩАЯ СТЕНА, стена Тромба — остекл. южная стена дома с *пассивной системой солнечного отопления*, изготовл. из материала с высокой теплоемкостью и окраш. в темный цвет. Т.с. предназначена для улавливания и аккумуляции солнечного излучения, используемого для нагревания воздуха внутри отапливаемого здания. Как правило, Т.с. изготавливается из бетона, камня или кирпича, иногда ее заменяют емкостями с водой. Циркуляция воздуха в пространстве между остеклением и лучепоглощающей поверхностью Т.с. естественная, при этом воздух из каждого помещения выходит через отверстие в нижней части Т.с., а нагретый воздух возвращается в него через отверстия в верхней части Т.с.

ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕЕ ОГРАЖДЕНИЕ — разновидность полифункцион. ограждения здания, выполняющего кроме осн. назначения функцию *аккумулятора теплоты*. От обычных ограждений отличается novыш. объемной теплоемкостью одного из слоев, предназнач. для накопления теплоты, а также устройствами (или расположением слоев ограждения), обеспечивающими условия для интенсивного подвода теплоты к теплоаккумулирующему слою от какого-либо источника и последующей передачи ее в помещение (последний признак не обязателен). Наиболее известна *теплоаккумулирующая стена* (стена Тромба).

ТЕПЛОВАЯ (ТЕМПЕРАТУРНАЯ) ВОЛНА — распространение колебаний теплового потока в пространстве. Источник Т. (т.) в. — среда, темп-ра к-рой

периодически изменяется во времени. В твердом теле, соприкасающемся с такой средой, распределение темп-ры аналогично распределению смещений колеблющихся точек при распространении волнового процесса в упругой среде. Самая простая периодич. функция — гармоническая, т.е. изменяющаяся по закону синуса или косинуса. Всякие др. периодич. тепловые воздействия могут быть приведены к сумме гармонических. Поэтому все осн. решения воздействия Т. (т.) в. на ограждение и помещение получены для гармоники. Гармонич. колебания, напр. темп-ры (темп-рную волну), записывают в виде

$$t = A_t \cos[2\pi/T(z - z_0)], \quad (1)$$

где A_t — амплитуда колебаний темп-ры; T — период колебаний; z — текущее время; z_0 — время макс. темп-ры.

Если представить, что вектор с модулем A_t и нач. фазой $(2\pi/T)z_0$, начиная с момента $z=0$, равномерно вращается вокруг нач. координат против часовой стрелки, делая один оборот за время T , то проекция этого вектора на ось t будет выражаться ур-нием (1). Рассмотренный вектор наз. радиусом-вектором θ гармоники. В математич. литературе для его записи пользуются формой показат. функции комплексного переменного

$$\theta = A_t e^{(2\pi/T)z_0 i}$$

Вектор на плоскости также может быть выражен комплексным числом

$$\theta = a + bi = A_t \cos(2\pi/T)z_0 + A_t \sin(2\pi/T)z_0 i$$

Если известны a и b , то амплитуда

$$A_t = \sqrt{a^2 + b^2}; \quad \text{нач. фаза } (2\pi/T)z_0 = \arctg(b/a).$$

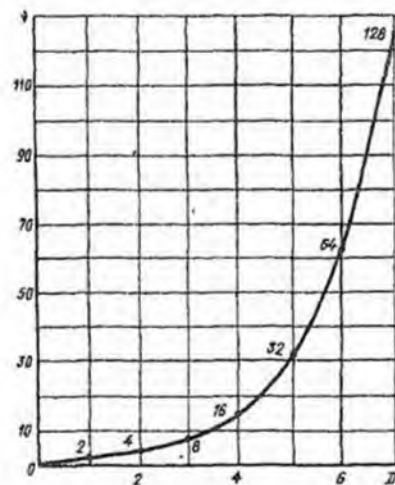
Замена гармоники радиусом-вектором или комплексным числом упрощает математич. действия гармоническими функциями. При распространении Т. (т.) в. в плоской стенке длина ее λ , т.е. расстояние между точками, находящимися в одинаковой фазе (отличающимися по фазе на 2π), зависит от теплофиз. хар-к материала стенки и периода колебаний T : $\lambda = 2\sqrt{\pi T \lambda / c \rho}$, где λ , c , ρ — коэфф. теплопроводности, уд. теплоемкость, плотность материала. Распределение темп-ры по глубине стенки происходит по закону косинуса с *постепенным затуханием и запаздыванием* Т. (т.) в.

В расчетах теплового режима помещения и ограждения колебания темп-ры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации рассматриваются как воздействия Т. (т.) в. (или их сумм). Колебания темп-ры помещения в результате

изменяющихся теплоступлений и периодич. работы систем отопления и вентиляции также являются T (т.) в., направленные изнутри помещения.

ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ ВОЗДУХОВОДА — слой теплоизоляц. материала на внешн. поверхности воздуховода и секциях кондиционера, необходимый для предотвращения бесполезных потерь теплоты или холода, поддержания заданных параметров воздуха на входе в помещение из воздуховода и устранения выпадения конденсата на его стенках (внутри или снаружи). Обязательна Т.и.в., проходящих вне здания или через неотопляемые помещения, подполья, чердаки. Необходимость Т.и.в. в остальных случаях определяют технико-экономич. расчетом.

ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИЯ ОГРАЖДЕНИЯ — способность ограждения сопротивляться изменению темп-рного поля при перем. тепловых воздействиях. Инерц. свойства ограждения в распрост-



Затухание температурных колебаний в массивном слое

ранении темп-рного поля оцениваются величиной, обратной коэфф. температуропроводности, $1/a = c\rho/\lambda$, с/м^2 , где λ и ρ — теплопроводность и плотность материала. В периодич. процессах теплоинерционные свойства характеризуются показателем $D = Rs$, где R — термич. сопротивление, $(\text{м}^2\text{К})/\text{Вт}$ (см. *Теплофизические характеристики материалов*). Показатель D пропорционален числу темп-рных волн n , укладываемых в ограждении, $D = 8,9n$. В пределах каждой $1/8,9$ части тепловой волны ($D = 1$) колебания затухают (по амплитудам) примерно в 2 раза ($\nu = 2$) и запаздывают

на $T/8,9$ ч, где T — период колебаний, ч. В этом смысле D является показателем "полузатухания" колебаний. Толщина слоя, m , полузатухания $\Delta = \lambda/s$ существенно зависит от периода T . При прочих равных условиях для годовых колебаний она примерно в 19 раз больше, чем для суточных. Если суточные колебания практически затухают на полуметровой толщине, то годовые проникают значительно глубже. Для многослойных ограждений величина D определяется суммой показателей отд. слоев и с достаточной точностью характеризует не только теплоинерц. свойства ограждения, но и его реакцию на периодичность протекающих процессов.

ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИЯ ПОМЕЩЕНИЯ — способность помещения сопротивляться изменению темп-ры при перем. тепловых воздействиях. При установившихся периодич. воздействиях его теплоинерц. свойства оценивают показателями *теплоустойчивости помещения*. В случае произвольных тепловых воздействий переходной процесс остывания помещения подобен процессу охлаждения любого тела. В начале его темп-ра воздуха резко снижается, достигая через непродолжит. время уровня осредненной темп-ры поверхностей (см. *Иррегулярный режим*). Затем темп-ра воздуха и всех ограждений одновременно начинает понижаться. Скорость изменения логарифма избыточной темп-ры (температура охлаждения) остается практически неизменной и не зависит от координат, времени и нач. распределения темп-ры (см. *Регулярный режим*). Значения темпа охлаждения t колеблются в широком диапазоне — от 0,01 1/с для кирпичных зданий до 0,06 1/с для дерев.

При известном темпе охлаждения изменение относит. избыточной темп-ры помещения $\theta = (t_2 - t_1)/(t_1 - t_0)$ во времени z после прекращения или уменьшения теплоподачи определяют по графику (см. *Переходные процессы теплопередачи*), где критериальный комплекс $ViFo = tz$; t_0 — темп-ра наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$; t_1 — темп-ра помещений, $^{\circ}\text{C}$, равная средне-радиан. темп-ре внутр. поверхностей ограждений в начале процесса охлаждения. При частичном изменении теплоподачи конечной темп-рой переходного процесса является темп-ра нового стационарного режима при измененной теплоподаче.

ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ — макс. кол-во теплоты, на к-рое рассчитана система отопления для передачи в здание или сооружение в единицу времени при темп-ре наружного воздуха, принятой для про-

ектирования отопления в данной местности. Единица измерения — Вт (кВт). Расчетная Т.м.с.о. выявляется при составлении *теплового баланса воздуха помещения*. Она зависит прежде всего от *тепловой потери помещения* через ограждающие конструкции. Т.м.с.о. в течение *отопительного сезона* используется частично в зависимости от изменения дефицита теплоты (с учетом теплоступлений в помещении) при текущем значении темп-ры наружного воздуха.

ТЕПЛОВАЯ НАГРУЗКА — кол-во теплоты, к-рое необходимо передать в единицу времени *отопительному прибору*, отопит. установке или *теплопроводу* для отопления обслуживаемых ими помещений. Т.н. определяется дефицитом теплоты, полученным в результате составления *теплового баланса воздуха помещения* при темп-ре внутр. и наружного воздуха, расчетной для проектирования отопления зданий в данной местности. Т.н. прибора или установки принятого типа используется для выбора их размера (площади нагревательной поверхности), а также для вычисления *расхода теплоносителя в системе отопления*.

Т.н. теплопровода (*магистрالی, стояка, ветви системы отопления*) устанавливается как сумма Т.н. отопит. приборов и установок, причем Т.н. подающего теплопровода выражает запас теплоты в теплоносителе, а Т.н. обратного теплопровода — затраты теплоты теплоносителя для отопления обслуживаемых помещений.

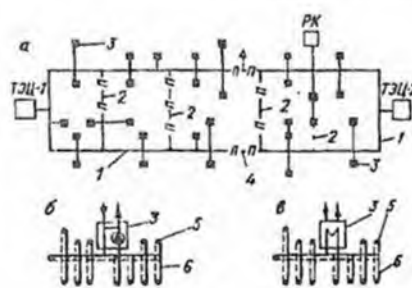
ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА ОСАДКОВ — способ улучшения водоотдающих свойств органич. осадков сточных вод путем их нагрева до темп-ры $180-200^{\circ}\text{C}$ и выдерживания при этой темп-ре в течение 0,5—2 ч. В результате такой обработки разрушается коллоидная структура осадка и часть органич. в-ва, прежде всего белковые соединения, переходит в жидкость и газ. Метод Т.о.о. впервые был разработан в Англии в 40-х гг. и по имени его автора назван "методом Портеуса". В 80-х гг. в мире насчитывалось примерно 50 установок по Т.о.о. Распад органич. в-ва составляет до 20% для сброженных осадков и до 60% для *активного ила*. Осадок после тепловой обработки имеет низкое *удельное сопротивление фильтрации осадков*, хорошо уплотняется, полностью обеззаражен. При механич. обезвоживании такого осадка не требуется превратить. реагентная обработка. Жидкая фаза осадка, отделяемая при последующем уплотнении и механич. обезвоживании (иловая вода), содержит большое кол-во раствор. органич. соединений, имеет темно-серую окраску и сильный специфич. запах. БПК иловой воды в зависимости от концентрации и со-

става исходного осадка может составлять от 3 до 20 г О₂/л, ХПК — до 30 г О₂/л. При гидролизе белковых в-в в воду в процессе тепловой обработки переходит значит. часть азотистых соединений.

Технологич. процесс Т.о.о. состоит из ряда последоват. операций: измельчение частиц в исходном осадке, нагревание, выдержка нагретого осадка в реакторах, охлаждение нагретого осадка с рекуперацией теплоты на предварит. нагрев исходного осадка, уплотнение и механич. обезвоживание. Для нагрева осадка до темп-ры 180—200°С необходимо в системе создать давление 2—2,5 МПа. Нагрев осадка и его охлаждение с рекуперацией теплоты производят в теплообменном оборудовании. Насосное оборудование и реакторы для выдержки осадка должны быть рассчитаны на высокое давление. Технологич. линия по Т.о.о. требует применения автоматич. контроля и регулирования процесса. Технология теплового кондиционирования связана с достаточно высокими затратами энергии, к-рые можно существенно сократить при рациональном процессе рекуперации теплоты и локальной очистке иловой воды. В случае подачи последней в систему биологич. очистки в связи с ее высокой загрязненностью на 20—30% возрастает нагрузка на *азотенки* и ухудшается качество очищенной воды. Поэтому иловую воду

часто очищают на локальных установках с использованием методов анаэробного сбраживания в сочетании с последующей аэробной обработкой, упариванием и захоронением или сжиганием осадков. После Т.о.о. можно применить любые аппараты механич. обезвоживания осадка, однако наиболее предпочтительны камерные фильтр-прессы. Наиболее распространены установки, в к-рых в качестве теплоносителя применяют термостойкие масла.

ТЕПЛОВАЯ СЕТЬ — система *трубопроводов*, по к-рой транспортируют и распределяют между потребителями *теплоноситель*. Т.с. — осн. звено *системы теплоснабжения*, в значит. степени определяющее надежность, качество и экономичность подачи теплоты потребителям. Под Т.с. понимают трубопроводы с оборудованием и сооружения на сетях — насосные, дроссельные станции, *тепловые пункты*. Т.с. больших *централизованных систем теплоснабжения* представляют самостоят. систему, имеющую два иерархич. уровня: магистр. сети и распределит. — кварталные и микрорайонные. Магистр. сети соединяют источники теплоты с р-ными тепловыми пунктами и являются осн. теплопроводами. Они имеют большие диаметры (500—1400 мм) и представляют собой гор. инж. соору-



Принципиальная схема тепловой сети

а — высшего уровня; б — схема районного теплового пункта с насосным присоединением распределительных сетей; в — то же, с присоединением тепловых сетей через водо-водяные подогреватели; 1 — закольцованные тепломагистрали высшего уровня; 2 — перемычка, резервирующая тепловую сеть; 3 — крупные тепловые узлы (районные тепловые пункты); 4 — перемычки, резервирующие источники теплоты; 5 — тепловые пункты потребителей; 6 — распределительные сети

и качество теплоснабжения. Верхний иерархич. уровень выполняется с резервными связями, объединяющими источники теплоты, и образует единую управляемую систему, обеспечивающую требуемые эксплуатац. гидравлич. и тепловые режимы, совместную работу источников теплоты, взаимное резервирование их и тепломагистралей. Соблюдение необходимых режимов позволяет точно распределить теплоноситель по тепловым пунктам, экономить топливо при использовании теплоты и совместной работе ее источников. Автоматизация и телемеханизация магистралей и р-ных тепловых пунктов позволяет управлять потоками теплоносителя при аварийных отказах элементов Т.с., обеспечивая подачу теплоты всем неотключенным потребителям.

Оперативное управление Т.с. осуществляется с помощью запорных органов (обычно задвижек, разделяющих Т.с. на участки), манипулируя к-рыми отключают и включают отд. участки Т.с., насосно-перекачивающие и дроссельные станции. Для повышения надежности подачи теплоносителя в р-ные тепловые пункты последние присоединяют ответвлениями с двух сторон секционирующей задвижки. Задвижки диаметром 400—500 мм и более делают с электроприводом. Расстояние между задвижками — 1—2 км. Управление Т.с. основывается на контроле за режимами, состоянием элементов, возникающими утечками теплоносителя. В р-ных тепловых пунктах устанавливается защита от *гидравлических ударов* — сбросное устройство.

Разводящие Т.с. кварталов и микрорайонов (нижний иерархич. уровень) создают как локальные, нерезервиров. в виде разветвл. тупиковых систем, часто с автономными режимами, получающими теп-

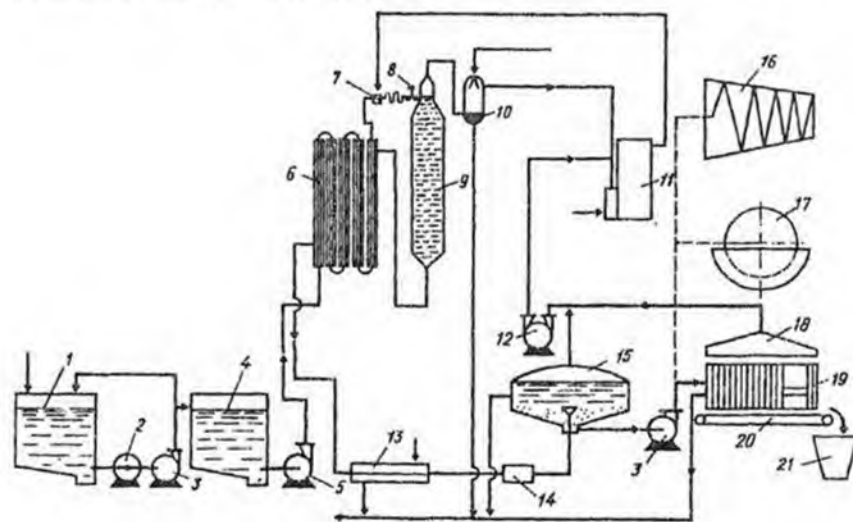


Схема установки с трубчатыми теплообменниками

1 — резервуар — накопитель осадка; 2 — измельчитель; 3 — насос; 4 — промежуточный резервуар; 5 — высоконапорный насос; 6 — трубчатый теплообменник; 7 — паровой инжектор; 8 — редукц. клапан; 9 — колонный реактор; 10 — промывной бак; 11 — котельная; 12 — вентилятор; 13 — охладитель; 14 — выгрузное устройство; 15 — радиальный уплотнитель; 16 — центрифуга; 17 — вакуум-фильтр; 18 — выгряжная вентиляция; 19 — фильтр-пресс; 20 — конвейер обезвож. осадка; 21 — приемный бункер

жения, охватывающие всю территорию города. Их сооружают в виде единой закольцов. системы, обеспечивающей надежное и удовлетворяющее спрос на теплоту транспортирование теплоносителя. Разделение Т.с. на два иерархич. уровня облегчает ее эксплуатацию и служит основой для создания автоматизиров. системы управления, к-рая повышает надежность

лоноситель из тепловых пунктов. Их диаметры невелики, обычно до 400 мм, поэтому связь с ремонтами перерывы теплоснабжения потребителей считаются допустимыми. Автоматизация тепловых пунктов позволяет оперативное управление, способствующее экономии в расходовании теплоты на отопление зданий.

Распределит. Т.с. присоединяют к магистр. непосредственно с помощью смесит. или смесит.-циркуляц. насосов или через водоподогреватели. В последнем случае гидравлич. режимы магистральных и распределит. Т.с. разобщаются, что делает систему более надежной, гибкой и маневренной. В Т.с. верхнего иерархич. уровня теплоноситель может подаваться из разл. источников с разл. темп-рами, превышающими темп-ру воды в магистралях. Наличие неск. источников питания сокращает необходимый резерв пропускной способности кольцевой сети.

В системах теплоснабжения с насосами в тепловых пунктах отсутствует гидравлич. изоляция магистр. Т.с. от распределительных. Это усложняет управление эксплуатац. и аварийными гидравлич. режимами. Однако и в этом случае возможно поддерживать самосто-ят. циркуляц. и темп-рный режимы в распределит. сетях, отличные от режимов в магистралях. Принцип. схема Т.с. большой системы теплоснабжения имеет два иерархич. уровня. Верхний уровень представлен кольцевой магистр. Т.с. с ответвлениями к р-ным тепловым пунктам (на схеме показан один пункт), присоединяемым ординарным способом. В таком случае при отказе участка магистрали, к которому осуществлено присоединение, потребители лишаются теплоснабжения. От р-ного теплового пункта идут локальные распределит. Т.с., к к-рым присоединены потребители. Они составляют нижний иерархич. уровень. К магистр. Т.с. потребителей не подключают. Теплоноситель поступает в магистр. Т.с. от двух ТЭЦ и р-ной котельной. На схеме показаны два варианта присоединения распределит. Т.с. к р-ным тепловым пунктам. Резервирование Т.с. осуществлено путем соединения перемычками подающих, а также обратных магистралей. Одни перемычки резервируют Т.с., обеспечивая ее функционирование при отказах участков тепловых пунктов или оборудования, др. — источники теплоты, обеспечивая переток теплоносителя из зоны теплоснабжения одного источника в зону др. Тепломагистраль вместе с перемычками образуют единую кольцевую сеть. Диаметры тепловых пунктов Т.с., включая перемычки, рассчитывают на пропуск необходимых расходов теплоносителя при самых неблагоприятных аварийных ситуациях. В норм. режиме теплоноситель движется по всем тепловым пунктам системы, и понятие

"кольцевая перемычка" теряет смысл. Резервирование будет нагруж. Возможен др. метод с использованием ненагруж. резерва. В этом случае перемычки при норм. режиме перекрыты и не работают. Их включают при отказах элементов тепловой сети.

Осн. элементом тепловых сетей являются тепловыделители, по к-рым движется теплоноситель — горячая вода, несущая теплоту потребителям. Тепловыделители прокладывают под землей и над землей. Надземная прокладка долговечнее из-за уменьшения наружной коррозии. При ней легче контролировать состояние трубопровода и проводить ремонты. Однако применение наружной прокладки в городах ограничено из архитектурных соображений. Осн. вид прокладки — подземная. Тепловыделители прокладывают в спец. каналах, выполненных из железобетона, или бесканально непосредственно в грунте.

В процессе эксплуатации тепловыделители заполняются горячей водой, опорожняются от нее, а темп-ра воды изменяется в течение года. В результате темп-ра стенки трубы непрерывно изменяется, и для восприятия темп-рных удлинений трубопроводы оборудуют компенсаторами. Участок трубопровода закрепляют по концам в неподвижных опорах, а между ними устанавливают компенсатор. С помощью неподвижных опор трубопроводы закрепляют вблизи теплообменных аппаратов, насосов и др. оборудования, чтобы снять нагрузки от темп-рных деформаций. Неподвижные опоры располагают в камерах и непосредственно в каналах. Трубопроводы в каналах укладывают на подвижные опоры. Для возможности эксплуатац. наблюдений за состоянием оборудования тепловых сетей и их ремонта сооружают спец. подземные камеры. В них размещают задвижки, компенсаторы, ступенные и воздушные краны. При больших диаметрах тепловых пунктов (500 мм и выше) для создания благоприятных условий обслуживания тепловых пунктов, задвижек с электроприводом над камерами устраивают надземные сооружения в виде павильонов. Тепловые пункты и насосные подстанции Т.с. размещают в спец. зданиях.

Ввиду многообразия возможных решений по схемам, способам трассировки тепловых сетей и их прокладки проектирование ведется вариантно. Для разработанных конкурентоспособных вариантов проводят технико-экономич. расчеты, и для стр-ва принимается наиболее экономичный вариант. Технич.-экономич. расчетом определяют диаметры труб, тепловую изоляцию, напор насосов. Учитывают затраты на сооружение тепловых пунктов, потери теплоты в окружающую среду и расходы энергии на перекачку теплоносителя. Оптим. варианту соот-

ветствует минимум приведенных расходов.

См. также *Непроходные каналы тепловых сетей, Продольный профиль тепловой сети.*

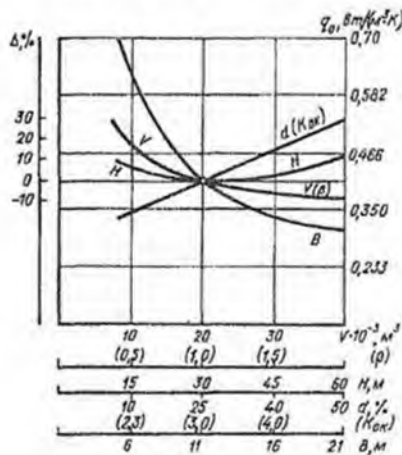
ТЕПЛОВАЯ ТРУБА — теплопередающее устройство, представляющее собой герметически замкнутое вакуумир. пространство в виде трубы или плоского канала, частично заполн. легкокипящей жидкостью (аммиак, этиловый спирт, фреоны и т.п.). Поэтому Т.т. можно рассматривать как разновидность регенеративных теплообменных аппаратов с промежуточным теплоносителем. Один конец трубы размещается в среде, отдающей теплоту, др. — в среде, ее воспринимающей. На конце трубы, расположен. в теплоотдающей среде, жидкость испаряется (поглощает теплоту), а затем ее пары конденсируются на др. конце, отдавая теплоту воспринимающей среде. Конденсат из конденсаторной зоны может возвращаться в испарит. самотеком под действием гравитац. или капиллярных сил. В первом случае Т.т. наз. двухфазными гравитац. термосифонами, во втором — фитильными, т.к. внутри каждой трубы размещают фитиль — капиллярное пористое тело или продольные канавки для возникновения капиллярных сил. Трубы с фитилями могут работать, преодолевая силу тяжести, однако сложны в изготовлении.

Т.т. встраивают в кондиционеры, приточно-вытяжные агрегаты, воздухоподогреватели или выполняют в виде лопаток рабочего колеса приточно-вытяжного вентилятора радиального двухстороннего всасывания. Распространены теплообменники-теплоутилизаторы для нагревания приточного воздуха за счет теплоты вытяжного. В этом случае трубы, собранные в пучок, имеют снаружи пластинчатое или спирально-навивное (накатное) оребрение. Область применения теплоутилизаторов на базе Т.т. аналогична области применения воздухо-воздушных рекуперативных и регенеративных теплоутилизаторов.

ТЕПЛОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ — свойство всех обогреват. установок или приборов пропорционально изменять теплоотдачу при изменении темп-ры и расхода теплоносителя в системе отопления в течение отопительного сезона. При этом имеется в виду, что структура системы не нарушается (не отключаются ее части, не изменяются площади отопительных приборов и т.д.). Наибольшую Т.у. имеют системы водяного отопления с естеств. циркуляцией (гравитационное отопление), затем в порядке убывания вертикал., горизонт. однотрубные системы водяного отоп-

ления и бифилярные (двухпоточные) системы отопления, двухтрубные системы отопления с нижней разводкой. Наименьшей Т.у. обладают насосные двухтрубные системы с верхней разводкой. В циркуляц. кольцах этих систем в результате изменения разл. по величине естеств. циркуляц. давления нарушается расчетный гидравлич. режим отопит. приборов: нагретая вода, подаваемая циркуляц. насосом в стояки, перераспределяется между отопит. приборами — в холодный период значительно увеличивается расход воды в отопит. приборах верхней части стояков при сокращении расхода в нижних, в теплый период возрастает расход воды в нижних отопит. приборах за счет верхних. Т.о., возникает вертик. гидравлич. и, как следствие, тепловое разрегулирование системы отопления — нарушение ее тепловой устойчивости.

ТЕПЛОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗДАНИЯ — показатель, Вт/(м³·°С), определяемый уд. потерями теплоты единицей объема здания при расчетной



Зависимость тепловой характеристики здания от его размеров и теплозащиты ограждений

разности темп-ры, равной 1°С. Уд. тепловая хар-ка q , Вт/(м³·°С), зависит от объемно-планировочного и конструктивного решения здания. Реперная точка соответствует значениям $q = 0,415$ Вт/(м³·°С) — для здания шириной $B = 11$ м, высотой $H = 30$ м и объемом $V = 20 \cdot 10^3$ м³, $d = 25\%$ (процент остекления фасадов), $K_{ок} = 3,5$ Вт/(м²·°С) (коэфф. теплопередачи окон), $R_0 = 0,86$ (м²·°С)/Вт (сопротивление теплопередаче стен). Каждая кривая соответствует зависимости q от одного параметра (дополнит. шкалы по оси абсцисс) при неизменных прочих условиях. Вторая шкала на оси ординат показывает эту зависимость в процентах.

Кривая V одновременно описывает зависимость q от относит. сопротивления теплопередаче стен β (отношенного к сопротивлению, требуемому по сан. нормам). Из графика видно, что наибольшее влияние на q оказывает изменение остекленности d и ширины B здания. При увеличении теплоизоляции стен β тепловая хар-ка уменьшается незначительно, и то время как при ее снижении q начинает быстро возрастать. Дополнит. теплозащита оконных проемов (шкала $K_{ок}$) заметно уменьшает q . Значения q для гражданских зданий в зависимости от объема V приведены ниже:

$$V \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3 \text{ до } 5 \quad 10 \quad 15 \quad 15 \\ q, \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°С}) \text{ } 0,56 - 0,41 \quad 0,52 - 0,32 \quad 0,49 - 0,31 \quad 0,46 - 0,21$$

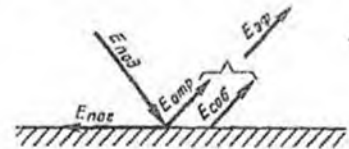
Привед. данные не учитывают всех составляющих теплового баланса зданий (инфильтрац. теплопотери, внутр. выделения и др.). Их можно использовать только для прикидочных расчетов отопит. нагрузки микрорайонов, источников теплоснабжения и теплотехнич. оценки проектируемых зданий. Более точными являются уд. тепловые хар-ки отопления жилых и обществ. зданий (на 1 м² общей площади), получ. для нового стр-ва и учитывающие все балансовые составляющие.

ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЕ СОСТОЯНИЕ ВОЗДУХА — определ. сочетание таких тепловых и влажностных хар-к, как темп-ра, уд. энтальпия и уд. влагосодержание влажного воздуха. Т.с.в. характеризуют положением точки на диаграмме $I-d$ влажного воздуха.

ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ — электромагнитное излучение поверхности нагретого тела в инфракрасной области спектра. По отношению к инфракрасному излучению различают абсолютно черные и серые тела. Поверхность первого полностью поглощает падающий лучистый поток, а второго — частично отражает. Спектральная интенсивность излучения поверхности I_{λ} , Вт/(м²·мкм), абсолютно черного тела в зависимости от длины волны λ , мкм, и темп-ры поверхности T , К, подчиняется закону Планка. Смещение макс. излучения в сторону более коротких волн при повышении темп-ры устанавливается законом Вина: $\lambda_{\text{max}} T = 2990$. Для поверхностей помещения со сравнительно узким диапазоном темп-р (от 0 до 150°С) незначит. смещением максимумов можно пренебречь и принимать спектр состав излучения одинаковым для всех поверхностей (квазимонохроматич. излучение) с осредненной длиной волны $\bar{\lambda} \approx 10$ мкм. Интегральное (суммарное) излучение, E_0 , Вт/м², поверхности по всем направлениям

пространства определяется законом Стефана — Больцмана: $E_0 = C_0(T/100)^4$, где C_0 — коэфф. излучения абсолютно черного тела, равный 5,77 Вт/(м²·к⁴). Направл. интегральное излучение (под углом к поверхности) подчиняется закону Ломберга (закон косинуса).

Для поверхности реального (серого) тела падающий лучистый поток $E_{\text{пад}}$



Структура лучистых потоков на поверхности серого тела

частично отражается $E_{\text{отр}}$. Собственное интегральное излучение $E_{\text{соб}}$, Вт/м², серого тела всегда меньше, чем абсолютно черного тела: $E_{\text{соб}} = \epsilon E_0$, где $\epsilon = C/C_0 < 1$ — относит. коэфф. излучения поверхности серого тела (стенная чернота). В соответствии с законом Кирхгофа для монохроматич. излучения относит. коэфф. излучения ϵ и поглощения P поверхностью непрозрачного тела равны между собой ($E_{\text{погл}} = PE_{\text{пад}}$; $E_{\text{отр}} = (1 - P)E_{\text{пад}}$).

Общий лучистый поток, покидающий поверхность, наз. ее эффективным излучением $E_{\text{эф}}$, а условная темп-ра, определяющая эквивалентное излучение поверхности абсолютно черного тела, — эффективной темп-рой поверхности $T_{\text{эф}}$.

Количество соотношения лучистых потоков на поверхности серого тела определяются ее радиац. свойствами. Эти свойства зависят не только от материала, состояния поверхности и ее темп-ры, но и от характера падающего излучения и его направления к поверхности. С увеличением темп-ры источника падающего излучения поглощат. способность поверхности, как правило, снижается, а отражат. возрастает. Значения коэфф. ϵ и P для разл. видов радиац. воздействия приведены в литературе. Для осн. материалов в области монохроматич. длинноволнового излучения (в помещении) относит. коэфф. излучения и поглощения близки к 1 (превышают 0,85), что позволяет пренебречь отраж. потоком и оценивать эффективное излучение поверхности только по величине собств. интегрального излучения: $E_{\text{эф}} = E_{\text{соб}}$.

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ВОЗДУХА ПМЕЩЕНИЯ — сумма всех поступлений и потерь теплоты в воздухе помещения. Описывается уравнением теплового баланса осн. объема воздуха: $\sum \alpha_k (\tau_i - \tau_0) F_i \pm Q_{\text{в}} = 0$, где первое слагаемое характеризует интенсивность конвективного

теплообмена с поверхностями площадью F_i и осредненной темп-рой τ_i ; второе — кол-во теплоты, непосредственно передаваемое воздуху помещения или отбираемое от него вследствие *вентиляции, воздушного отопления или кондиционирования воздуха*. При этом коэфф. конвективного теплообмена $\alpha_{k,i}$ и темп-ра внутр. воздуха принимаются неизменными по поверхности в объеме помещения.

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС КОТЛОАГРЕГАТА — соотношение, связывающее приход расход теплоты; является выражением закона сохранения энергии для него. Для работающего котлоагрегата тепловой баланс составляют на основании результатов его теплового испытания с целью получения исходных данных для анализа эффективности его работы и определения кпд; при тепловом расчете Т.б.к. составляют, используя нормативные данные, с целью определения расчетного часового расхода топлива для проектируемой котельной установки. Т.б.к. выражается равенством между введенной и израсходованной теплотой, отнесенной к 1 кг (для твердого или жидкого) или 1 м³ (газообразного) топлива: $Q_p^r = Q_1 + \Sigma Q_{пот}$, где Q_p^r — введенная теплота; Q_1 и $\Sigma Q_{пот}$ — полезно использованная теплота и сумма тепловых потерь. Левая часть ур-ния Т.б.к. Q_p^r в общем случае может содержать $Q_p^r = Q_p^{н} + Q_{ф.т} + Q_{ф.в} + Q_{пар} + (Q_{экз} - Q_{энд})$, где $Q_p^{н}$ — низшая теплота сгорания топлива, осн. источник энергии для произ-ва пара или горячей воды; $Q_{ф.т}$ — физич. теплота топлива; $Q_{ф.в}$ — то же, воздуха, учитываемая при его подогреве; $Q_{пар}$ — теплота, вводимая в топочный объем с паром при паровом распылении мазута или при вводе пара под колосниковую решетку для улучшения процесса горения при слоевом сжигании антрацита; $Q_{экз}$ — теплота экзотермич. реакций нек-рых технологич. процессов, к-рая может быть использована для получения пара; $Q_{энд}$ — затрата теплоты на возможные эндотермич. реакции (напр., на разложение карбонатов при сжигании сланцев).

Расходная часть теплового баланса $Q_{рас} = Q_1 + \Sigma Q_{пот}$, здесь $\Sigma Q_{пот} = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_{охл} + Q_{акк}$, где $Q_2 - Q_6$ — потери теплоты соответственно: с уходящими газами, с хим. и механич. неполнотой сгорания топлива, от наружного охлаждения внешн. ограждений котла и с физич. теплотой шлаков; $Q_{охл}$ — потери теплоты на охлаждение балок, панелей, не включ. в циркуляц. систему котла; $Q_{акк}$ — расход (знак "+") или приход (знак "-") теплоты, связ. с неустановившимся режимом работы котла.

При установившемся тепловом

режиме работы котла можно записать, принимая располагаемую теплоту за 100%, $100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_{охл}$, где $q_1 = (Q_1/Q_p^r)100$, $q_2 = (Q_2/Q_p^r)100$ и т.д.

Кол-во полезно используемой теплоты Q_1 для произ-ва водяного пара расходуется на подогрев воды $Q_{под}$, ее испарение $Q_{исп}$, перегрев пара в *пароперегревателе* $Q_{пар}$, а также на нагрев в котле теплоносителя, отдаваемого затем потребителю (напр., подогрев воды тепловой сети в теплофикац. *экономайзере* котла) $Q_{от.п.}$: $Q_1 = Q_{под} + Q_{исп} + Q_{пар} + Q_{от.п.}$

Из суммы $\Sigma Q_{пот}$ при произ-ве пара или горячей воды в котле наибольшими тепловыми потерями являются потери с уходящими газами q_2 , составляющие 5—10% располагаемой теплоты. С понижением темп-ры уходящих газов на 12—15% потери теплоты уменьшаются на 1%; q_2 уменьшается также пропорционально уменьшению коэфф. избытка воздуха. Пути снижения потерь q_2 состоят в уменьшении коэфф. избытка воздуха в топке и уходящих газах путем совершенствования процесса горения, ликвидации присосов воздуха по газозащитному тракту котла, снижении темп-ры уходящих газов путем развития площади хвостовых поверхностей нагрева (*экономайзеров и воздухоподогревателей*), полезно утилизирующих теплоту уходящих газов. Потери теплоты от хим. неполноты сгорания q_3 возникают при появлении в продуктах сгорания горючих газообразных компонентов (H_2 , CO, C_nH_n , C_m , H_n и др.) вследствие неполноты сгорания топлива в пределах топочного объема котла. Причинами появления хим. неполноты сгорания могут быть: плохое смесеобразование; общий недостаток воздуха; низкая темп-ра в топочном объеме котла. При проектировании котлоагрегатов значением q_3 задаются в пределах 0,5—1,5%, руководствуясь нормами теплового расчета. При работе на расчетных режимах при правильной эксплуатации котла и хорошо спроектированной топке q_3 практически могут быть равны нулю. Потери теплоты от механич. неполноты сгорания q_4 при эксплуатации и тепловых испытаниях котлоагрегата определяют по содержанию горючих в-в в *шлаке топливном и золе*. При этом $q_4 = q_4^{пр} + q_4^{шл} + q_4^{зл}$, где $q_4^{пр}$, $q_4^{шл}$, $q_4^{зл}$ — соответственно потери теплоты в провале, шлаке и уносе. В *камерных топках* q_4 в осн. определяется значением $q_4^{пр}$ и находится в пределах 0—0,5%. При сжигании углей с большим выходом летучих в-в q_4 не превышает 0,5—1,5%. При сжигании твердых топлив с жидким *шлакоудалением* q_4 снижается вследствие лучших условий выгорания частиц в пределах топочного объема. Потери теплоты от наружного охлаждения q_5 наблюдаются в связи с тем, что темп-ра наружной поверхности котла всегда выше темп-ры

окружающей его среды. Величина q_5 уменьшается с увеличением мощности котла. Потери теплоты с физич. теплотой шлака q_6 при камерном сжигании топлива с твердым *шлакоудалением* учитывают при сжигании высокозольных топлив. При слоевом сжигании топлив, а также камерном с жидким *шлакоудалением* q_6 равна 1—2% и выше.

Кпд, %, котла (брутто) наз. отношение полезно используемой теплоты к располагаемой $\eta_{кд}^{бр} = (Q_1/Q_p^r)100 = q_1$ или $\eta_{кд}^{бр} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_{охл})$.

При определении эффективности использования топлива при выработке тепловой энергии учитывают расход энергии (тепловой и электрической) на собств. нужды (привод насосов, тягодутьевых устройств и др.) $q_{сн}$, отнес. к Q_p^r . В связи с этим введено понятие кпд котла (нетто) $\eta_{кд}^{нт} = q_1 - q_{сн} = \eta_{кд}^{бр} - q_{сн}$.

Кпд $\eta_{кд}^{бр}$ и $\eta_{кд}^{нт}$ котельной установки, включающей несколько котлов, определяют по ф-ле $\eta_{кд}^{бр} = Q_{ку}/Q_p^r B_{ку}$, где $Q_{ку}$ и $B_{ку}$ — суммарная теплопроиз-сть и расход топлива котельной установки.

ТЕПЛОВОЙ НАСОС — термодинамич. установка, в к-рой благодаря затрате механич. энергии в компрессоре *теплота* передается от низкотемп-рного источника теплоты к теплот-

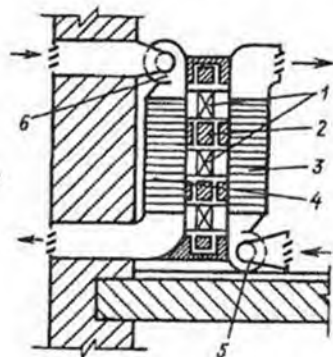


Схема теплового насоса термoeлектрического типа "воздух-воздух" для воздушного отопления помещения
1 — полупроводники; 2 — тепловая изоляция; 3, 4 — обрешетка горячих и холодных сплавов; 5, 6 — вентиляторы подачи внутреннего и наружного воздуха

ребителю при более высокой темп-ре. Кроме теплоты, перенесенной от источника, теплотопотребитель получает теплоту, эквивалентную затрат. механич. энергии. Изобретен в 1852 г. У. Томсоном (лорд Кельвин, 1824—1907). Наибольшее распространение имеют пароконпрес., реже используются абсорбц. Т.н. Первые состоят из

испарителя, компрессора, конденсатора и дроссельного вентиля. В испарителе поддерживаются низкие, а в конденсаторе — более высокие темп-ры и давление рабочего тела (*холодильного агента*). Рабочим телом в Т.п. служат такие холодильные агенты, как хладон (фреон), аммиак, углекислый газ и т.п. Испаритель использует тепло от низкотемпературного источника теплоты систем теплоснабжения за счет теплоты нагревающегося в конденсаторе теплоносителя (воды или воздуха). Рабочее тело в конденсаторе превращается в жидкость, затем в дроссельном вентиле давление его понижается, и оно частично испаряется. Эффективность работы Т.п. характеризуется величиной отонит. коэфф., равного отношению кол-ва теплоты, отводимой из конденсатора и используемой для нагревания теплоносителя, к работе, затрачиваемой в компрессоре на сжатие паров рабочего тела; обычно он составляет 2,5—5. В системах отопления применение Т.п. целесообразно при значениях отонит. коэфф. не ниже 3. Один и тот же Т.п. может использоваться и для отопления зданий, и для охлаждения их летом. Может быть нескольких типов ("воздух—воздух", "воздух—вода" и т.п.). Т.п. типа "воздух—воздух" отводит теплоту от наружного воздуха и передает ее воздуху внутри отапливаемого помещения. Обычно тепловая мощность Т.п. этого типа не превышает 100 кВт. В Т.п. "воздух—вода" мощностью 10 кВт и более отвод теплоты из конденсатора осуществляется водой, к-рая может использоваться в системе отопления или горячего водоснабжения. В Т.п. типа "вода—воздух" мощностью до 175 кВт источником теплоты служит вода из скважин, открытых бассейнов (рек, озер и т.п.).

Передача теплоты от низкотемпературного источника (напр., наружного воздуха в холодное время года) к теплоносителю (воздуху или воде) в системе отопления может осуществляться также термoelectric. Т.п. — бескомпрессорной термодинамич. установкой. Теплота при таком электротеплоснабжении отапливается или выделяется в местах контактов (спай) двух разных проводников при прохождении через них электрич. тока (*Пельтье эффект*). На схеме изображена для примера полупроводниковая термoelectric. батарея "воздух—воздух" с двумя изолиров. один от др. каналами, предназн. для циркуляции охлаждаемого наружного и нагреваемого внутр. воздуха. В каналах находятся спай полупроводниковых элементов (напр., висмут-теллур). Теплота выделяется на спаях (горячие спай) при протекании пост. электрич. тока от положит. полупроводников к отрицат.

ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ — комплекс оборудования, автоматич. регуляторов и контрольно-измерит. приборов, обеспечивающий подачу теплоносителя потребителям с требуемыми параметрами. Т.п. — конечные сооружения на тепловых сетях, располагаются перед потребителями теплоты в отд. стоящих спец. зданиях или в отведенных помещениях зданий—потребителей теплоты. В Т.п. осуществляется дополнит. регулирование параметров (темп-ры, давления, расхода) теплоносителя. В закрытых системах теплоснабжения в теплообменных аппаратах Т.п. водопроводную воду подогревают для горячего водоснабжения. В таких случаях целесообразно на Т.п. осуществлять водоподготовку для уменьшения кислородной коррозии труб. У открытых систем теплоснабжения вместо теплообменных аппаратов на Т.п. устанавливаются смесит. устройства, в к-рых смешивается горячая и охлад. вода, отбираемая из подающего и обратного теплопроводов; требуется пропорция смешения обеспечивается регулятором темп-ры (см. *Тепловой пункт открытой системы теплоснабжения*).

В Т.п. теплоноситель распределяется между потребителями, к-рыми являются отопительные приборы систем отопления, калориферы вентиляции и систем кондиционирования воздуха, теплообменники горячего водоснабжения. Подготовка теплоносителя для каждого из них имеет разл. степень централизации. Если в Т.п. зданий подготавливается теплоноситель только для систем отопления и вентиляции, то такие Т.п. наз. *абонентскими вводами*. Для подготовки горячей воды необходимы теплообменники и насосы для закрытых систем, что существенно осложняет оборудование Т.п. Поэтому Т.п. выполняются централизованно для группы зданий. Такие Т.п. наз. *центральными тепловыми пунктами*. Если горячая вода подготавливается только для одного здания, теплообменники горячего водоснабжения размещают вместе с оборудованием для отопления и вентиляции в *индивидуальных тепловых пунктах*. Поскольку оснащение центр. и индивид. Т.п. автоматикой и др. средствами управления требует значит. затрат, целесообразно эти функции сосредоточить в более крупных Т.п. Отсюда — двухступенчатая система тепловых пунктов с разделением функций между ними. Могут быть разл. схемы построения. Часто оборудование, связ. с управлением, располагают в первой ступени Т.п. — *р-ных* или *крупных центральных*. В Т.п. первой ступени устанавливают подмешивающие насосы для поддержания стабильного гидравлич. режима в квартальных сетях при аварийных ситуациях на магистр. теплопроводах.

Р-ные Т.п. часто наз. *групповыми*. Их

проектируют тепловой мощностью в 30—50 МВт. Приготовление в них воды для горячего водоснабжения нецелесообразно, т.к. при этом надо развивать 4-трубную тепловую сеть в микрор-нах, что экономически невыгодно и неприемлемо с градостроит. позиций. Поэтому им передают функции управления и стабилизации гидравлич. режима в микрор-нах при норм. эксплуат. условиях и аварийных ситуациях. Эти функции могут быть переданы центр. Т.п., имеющим обычнотепловую мощность не более 10 МВт, что требует увеличения единиц оборудования для автоматизации и управления. По мере увеличения его выпуска 2-ступенчатая схема, состоящая из центр. Т.п. и абонентских вводов, будет конкурентоспособна системе с *р-ными* Т.п.

Теплообменные аппараты горячего водоснабжения размещают во второй ступени Т.п. ближе к обслуживаемым зданиям: в центр. Т.п. при системе "р-ные — центр. Т.п." или в индивид. Т.п. при системе "центр. — индивид. Т.п." В последнем случае циркулит. насосы должны быть бесшумными. Это относится и к насосам систем отопления. Разделение функций между двумя иерархиями Т.п. создает более гибкую систему управления и эксплуатации, что оправдывается экономически. В абонентских вводах и индив. Т.п. располагаются узлы присоединения систем отопления и калориферов систем вентиляции. В узле системы отопления снижают темп-ру поступающего из тепловой сети теплоносителя до величины, допустимой в этих системах, и создают необходимый напор для циркуляции. В большинстве случаев используют *элеватор*, где требуемая темп-ра воды обеспечивается необходимой пропорцией смешения. Если необходимого перепада давлений между подающей и обратной линиями нет, вместо элеватора применяют подмешивающий насос. Оба узла присоединения характеризуются тем, что теплоноситель из тепловых сетей поступает в системы отопления, т.е. эти системы оказываются гидравлически связанными, их гидравлич. режимы — взаимозависимы. Такие присоединения получили назв. *зависимых*. Возможен др. способ присоединения систем отопления к тепловым сетям — через поверхностные теплообменные аппараты. При нем циркуляцию теплоносителя в системе отопления обеспечивает насос. Это присоединение наз. *независимым*.

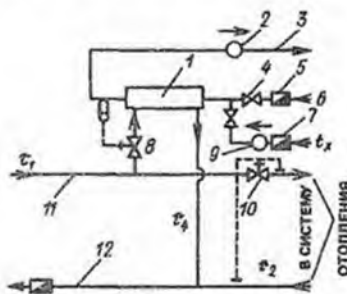
Калориферы *вентиляционных систем* присоединяют к тепловым сетям до узла присоединения системы отопления без снижения темп-ры теплоносителя. На калориферах устанавливают регуляторы темп-ры, к-рые обеспечивают требуемый режим.

К параметрам теплоносителя, подготавливаемого в Т.п. второй ступени, и

режимам его подачи потребителям предъявляются разл. требования. Для отопления зданий подача теплоты должна соответствовать темп-ре наружного воздуха, т.е. чем она ниже, тем больше теплоты необходимо для поддержания пост. темп-ры воздуха внутри помещений. В течение суток подача теплоты сохраняется пост. Изменение теплопотерь через наружные ограждения зданий в связи с изменением на протяжении дня темп-ры наружного воздуха компенсируются теплоаккумулирующей способностью строит. конструкций. Расход теплоты на горячее водоснабжение не связан с темп-рой наружного воздуха (по крайней мере в течение отопительного сезона, считая, что темп-ра холодной воды изменяется мало). Но в течение суток потребление горячей воды неравномерно. Макс. приходится на вечерний пик, миним. — на ночь. Макс. потребление теплоты превышает среднее в 2—2,5 раза. Такое различие в спросе на теплоту и теплоноситель создает на Т.п. трудности регулирования подачи теплоты, требует решения проблемы выравнивания суточного графика потребления горячей воды, чего можно достичь за счет установки баков-аккумуляторов. При раздельном регулировании подачи теплоты на отопление зданий и горячее водоснабжение за расчетный расход теплоносителя принимают макс. На него должны рассчитываться и теплопроводы. При раздельном регулировании регулятор расхода устанавливается перед системой отопления. При качеств. регулировании подачи теплоты на отопление зданий расход теплоносителя сохраняется пост., но изменяется его темп-ра. Расчетный расход складывается из расхода на отопление и макс. расхода на горячее водоснабжение. Т.к. пик потребления уменьшается с увеличением числа потребителей, макс. расходы для отд. зданий (в индивид. Т.п.) будут определяться при больших коэфф. неравномерности, чем в центр. Т.п., что обуславливается уплотнением суточного графика потребления горячей воды из-за одновременности пиков потребления. Приемлемый путь снижения расчетных расходов теплоносителя — связанное регулирование подачи теплоты на отопление и горячее водоснабжение. При нем на входе в Т.п. устанавливают регулятор, к-рый пропускает расчетный расход теплоносителя на отопление и средний расход на горячее водоснабжение. При пиках потребления горячей воды на ее подогрев пойдет больший среднего расхода теплоносителя, а в системы отопления будет подаваться теплоты меньше необходимой. Темп-ра воздуха внутри помещений станет снижаться с нек-рым запаздыванием. Ночью потребление горячей воды снижается и недоподача теплоты на отопление компенсируется. При таком регу-

лировании используется теплоаккумулирующая способность зданий, и система теплоснабжения рассчитывается на средний или (с учетом изменения коэфф. теплопередачи) неск. больший среднего расход теплоты на горячее водоснабжение. В результате капиталообразования в системе теплоснабжения сокращаются. Учитывая экономич. эффект и практич. точность регулирования темп-ры внутр. воздуха, можно допустить колебания темп-ры в помещении в 1—1,5°C. Если отношение макс. расхода теплоты на горячее водоснабжение к расчетному расходу ее на отопление меньше 0,6, то колебания темп-ры в отапливаемом помещении допустимы и можно применять связанное регулирование. При большем отношении применяют раздельное регулирование.

Несвязанный принцип регулирования подачи теплоты для отопления и горячего водоснабжения осуществляется в паралл. и смеш. схемах присоединения водонагревателей горячего водоснабжения на Т.п. При паралл. схеме теплоноситель в Т.п. поступает по подающей



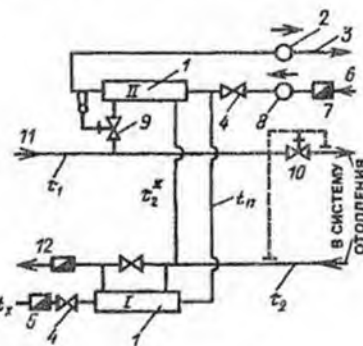
Параллельная схема присоединения водонагревателей горячего водоснабжения

1 — водонагреватель (теплообменный аппарат); 2 — повысительно-циркуляционный насос; 3 — подающая линия горячей воды; 4 — обратный клапан; 5 — водомер горячей воды; 6 — циркуляционная линия; 7 — водомер холодной воды; 8 — регулятор температуры; 9 — циркуляционный насос; 10 — регулятор расхода; 11 — подающая линия; 12 — обратная линия; t_1 и t_2 — температуры воды в подающей и обратной линиях; t_4 — температура воды после водонагревателя; t_x — температура холодной воды

линии с темп-рой t_1 . Часть его идет в теплообменник для подогрева водопроводной воды до темп-ры t_4 , равной 60—65°C, к-рая поддерживается пост. регулятором. Охлажд. вода из теплообменника с темп-рой t_4 поступает в обратную линию, где сливается с обратной водой из системы отопления с темп-рой t_2 . Т.о., водонагреватель присоединен паралл. системе отопления. Расход теплоносителя в ней поддерживается пост. регулятором расхода, а расход теплоносителя на горячее водоснабжение перем., что зависит от разбора горячей воды. Паралл. схемы применяют при отношении макс. расхода теплоты на

горячее водоснабжение к расчетному расходу на отопление менее 0,2 и более 1,2. В первом случае можно использовать связанное регулирование, но ввиду малого расхода теплоты на горячее водоснабжение экономия металла на трубы незначит., а оборудование Т.п. существенно усложняется. Во втором случае нагрузка горячего водоснабжения большая и при смеш. схемах с теплообменником I ступени удается снять незначит. кол-во теплоты (т.к. через систему отопления идет малый расход), что не компенсирует проигрыш, вызванный увеличением площади поверхности нагрева теплообменников.

При смеш. схеме присоединения водонагревателей I ступень их включена после системы отопления последоват. по отношению к ней. В этой осн. отличие дан-



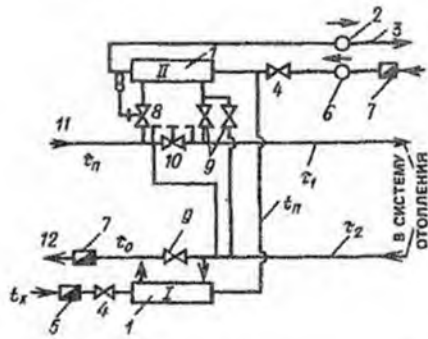
Двухступенчатая смешанная схема присоединения водонагревателей горячего водоснабжения

1 — водонагреватели горячей воды I и II ступеней; 2 — повысительно-циркуляционный насос; 3 — подающая линия горячей воды; 4 — обратный клапан; 5, 7 — водомеры горячей и холодной воды; 6 — циркуляционная линия; 8 — циркуляционный насос; 9 — регулятор температуры; 10 — регулятор расхода; 11 — подающая линия; 12 — обратная линия; t_1 и t_2 — температуры воды в подающей и обратной линиях; t_2 — температура воды после водонагревателя II ступени; t_x — температура холодной воды; t_p — промежуточная температура

ной схемы. Благодаря дополнит. теплообменнику теплота уже охлажд. воды в отопит. приборах системы отопления утилизируется. В расчетном режиме (точке излома графика темп-ры) темп-ра теплоносителя примерно 42°C, холодной воды 5°C. Поэтому воду, поступающую из системы отопления, можно дополнит. использовать для подогрева воды горячего водоснабжения. Теплообменник II ступени включен параллельно. Отсюда и назв. схемы — смешанная, т.е. теплообменники включены последоват. и параллельно. Теплоноситель из водонагревателя II ступени смешивается с теплоносителем из системы отопления. Благодаря водонагревателю I ступени расчетный расход теплоносителя на Т.п. сокращается на 4—6%, средняя темп-ра воды, возвра-

щаемой к источнику теплоты за отоп. сезон, снижается на 2—3°C, что при теплофикации приводит к дополнит. экономии топлива.

Связанное регулирование осуществляется в последоват. и смеш. с ограничением расхода схемах. У двухступенчатой последоват. схемы присоединения водонагревателей горячего водоснабжения обе их ступени



Двухступенчатая последовательная схема присоединения водонагревателей горячего водоснабжения

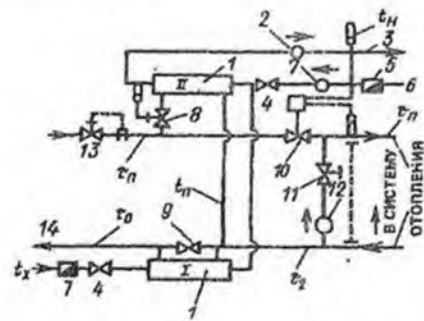
1 — водонагреватели горячей воды (теплообменные аппараты) I и II ступеней; 2 — повысительно-циркуляционный насос; 3 — подающая линия горячей воды; 4 — обратный клапан; 5, 7 — водомеры холодной и горячей воды; 6 — циркуляционная линия; 8 — регулятор температуры; 9 — задвижки; 10 — регулятор расхода; 11 — подающая линия; 12 — обратная линия; t_n , t_0 — температура в подающей и обратной линиях

пени по отношению к системе отопления включены последовательно. Водонагреватель I ступени, как и в смеш. схеме, утилизирует теплоту после системы отопления. В водонагревателе II ступени теплоноситель отдает часть своей теплоты для нагрева воды системы горячего водоснабжения. Поскольку в систему отопления теплоноситель должен поступать с температурой t_1 на источнике теплоты, его надо нагревать до более высокой температуры t_n . Возникает повыш. график темп-р (по сравнению с отопит.), с помощью которого обеспечивается теплотой система горячего водоснабжения. Так как теплоноситель последовательно проходит через водонагреватель II ступени и систему отопления, в к-рую следует подавать пост. расчетный расход теплоносителя, повыш. график темп-р рассчитывают при отопит. расходе теплоносителя, что экономически выгодно, поскольку дополнит. кол-во теплоты на горячее водоснабжение подается за счет увеличения темп-ры воды, а не за счет увеличения ее расхода. Повыш. график (график по совмещ. нагрузке отопления и горячего водоснабжения) рассчитывают на средний, сбалансиров. по суткам недели расход теплоты на горячее водоснабжение.

При средней (балансовой) нагрузке

горячего водоснабжения часть теплоносителя проходит через теплообменник II ступени, а часть — по обводному трубопроводу через регулятор расхода, к-рый поддерживает пост. расход теплоносителя через Т.п., равный расчетному расходу на отопление. После сливания воды ее темп-ра становится равной t_1 . С увеличением водозабора регулятор темп-ры пропускает большее кол-во теплоносителя через водонагреватель II ступени, а по байпасу идет меньший расход, так как регулятор поддерживает пост. расход. В результате в систему отопления поступает теплоноситель с темп-рой ниже требуемой. Последоват. схема с повыш. графиком широко применяется в централизованных системах теплоснабжения. Недостаток ее в том, что при закрытом регуляторе расхода расход теплоносителя на входе в Т.п. не регулируется и определяется степенью открытия клапана регулятора темп-ры. Если он приоткрыт больше, чем надо, расход горячей воды может превысить расчетный, повысится расход теплоты на отопление зданий, что повлечет за собой перегрев помещений и перерасход топлива.

Связанное регулирование обеспечивается в смеш. схеме с ограничением, к-рая работает по повыш. графику темп-р. При балансовом расходе теплоты на горячее водоснабжение теплообменник II ступени берет из тепловой сети такое же кол-



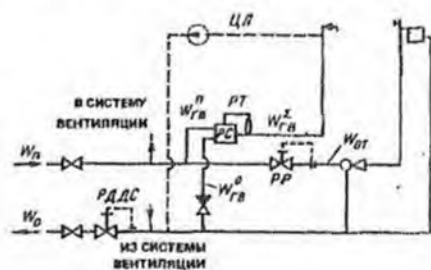
Двухступенчатая смешанная схема присоединения водонагревателей горячего водоснабжения с ограничением максимального расхода
1 — водонагреватели горячей воды (теплообменные аппараты) I и II ступеней; 2 — повысительно-циркуляционный насос; 3 — подающая линия горячей воды; 4 — обратный клапан; 5 — водомер горячей воды; 6 — циркуляционная линия; 7 — циркуляционный насос; 8 — регулятор температуры; 9 — водомер холодной воды; 10 — регулятор расхода теплоты на отопление; 11 — регулятор расхода воды; 12 — корректирующий насос; 13 — подающая линия; 14 — обратная линия

во теплоты, как и при последоват. схеме; требуемый расход теплоты идет и в систему отопления. Разница лишь в том, что в систему отопления поступает меньше теплоносителя, но с повыш. темп-рой t_n . Т.о., в последоват. схеме изменяется темп-ра

теплоносителя, поступающего в систему отопления, а в смеш. схеме — его кол-во. Чтобы гидравлич. режим в системе отопления оставался стабильным, расход теплоносителя должен быть постоянным. В смеш. схеме этого достигают установкой подменивающего корректирующего насоса, после него регулятора расхода воды, к-рый и поддерживает в системе отопления пост. циркуляц. расход. Регулятор ограничения макс. расхода воды устанавливается на входе в Т.п. на входе в Т.п. Регулятор расхода теплоты на отопление поддерживает темп-ру t_1 теплоносителя, поступающего в систему отопления, соответственно темп-ре наружного воздуха t_n . В водонагревателе II ступени теплоноситель остывает от нач. темп-ры t_n до темп-ры t_2 теплоносителя, выходящего из системы отопления. Средняя темп-ра греющего теплоносителя оказывается ниже, чем в последоват. схеме. Это приводит к увеличению площади поверхности нагрева водонагревателя, что является недостатком смеш. схемы.

ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ ОТКРЫТОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

— комплекс оборудования, к-рый включает: смесит. устройства для приготовления горячей воды требуемой темп-ры, узлы присоединения к тепловой сети систем отопления и вентиляции здания, автоматич. регуляторы и контрольно-измерит.



Тепловой пункт открытой системы теплоснабжения

W_n , W_0 , $W_{от}$ — тепловые эквиваленты теплоносителей в подающей и обратной линиях, в системе отопления; $W_{от}^n$, $W_{от}^0$, $W_{от}^0$ — тепловые эквиваленты горячей воды, отбираемой из подающей и обратной линий, поступающей в здание; РР, РТ, РДДС, РС — регуляторы соответственно расхода, температуры, давления «до себя» и смешения; ЦЛ — циркуляционная линия

приборы.

Для открытых систем теплоснабжения предусматривают индивидуальные тепловые пункты, т.к. смесители устанавливаются в каждом здании отдельно. Тепловые сети делят на резервиров. магистрали и нерезервиров. квартальные сети. На ответвлениях в кварталы или жилые микрорайоны целесообразно сооружать р-ные тепловые пункты, к-рые

используют для управления системой в норм. условиях и при авариях, возникающих при отказах ее элементов. Есть открытые системы теплоснабжения, у к-рых для повышения качества воды, поступающей на горячее водоснабжение, системы отопления группы зданий присоединены через *водо-водяные подогреватели*, расположенные в *центральных тепловых пунктах*. На схеме показан Т.п.о.с.т. с несвязным регулированием подачи *теплоносителя* на горячее водоснабжение и отопление. Темп-ра поступающей воды в соответствии с тем-рой наружного воздуха изменяется в источнике теплоты, т.е. производится качеств. регулирование. Кол-во теплоносителя, подаваемого на отопление зданий, поддерживается пост. с помощью регулятора расхода, установл. перед системой отопления. Горячую воду из подающего *теплопровода* отбирают до регулятора расхода, а охлажд. — после системы отопления. Горячая вода проходит через клапан регулятора смешения, на к-ром высокое давление в подающей трубе дресселируется до давления в обратной трубе. При отборе только из подающей трубы давление в *трубопроводах* горячего водоснабжения растет, и обратный клапан на обратной трубе закрывается. Вся *система горячего водоснабжения* попадает под давление в подающей линии. Если оно слишком высокое, на ответвлении от подающей линии устанавливаются регулятор давления "после себя", к-рый снижает давление до допустимого для местных систем горячего водоснабжения значения и поддерживает его постоянным. Темп-ру воды после регулятора смешения обычно поддерживают равной 65°C . Темп-ра воды в обратном трубопроводе после системы отопления при самой низкой расчетной тем-ре наружного воздуха обычно равна 70°C . Следовательно, в этом случае вода для горячего водоснабжения будет отбираться из обратной линии, клапан на подающей линии будет закрыт. Его работой управляет регулятор темп-ры. При повышении темп-ры наружного воздуха температура воды в обратной линии по графику будет понижаться, и для поддержания темп-ры горячей воды на уровне 65°C ее необходимо отбирать из обратной и подающей линий. Такой режим будет продолжаться, пока темп-ра воды в подающей линии не снизится до 65°C . Снижать ее дальше нельзя, чтобы не нарушить норм. работу горячего водоснабжения. После точки излома графика темп-р (65°C) вода для горячего водоснабжения отбирается из подающей линии. В этот период в систему отопления поступает теплоноситель с более высокой темп-рой, чем необходимо, и для обеспечения ее норм. работы вводится дополнит. автоматич. регулирование. Каждому периоду соответствуют свои расходы тепло-

носителя в разл. элементах открытой системы теплоснабжения, при этом в отд. элементах потоки могут быть равны нулю, что эквивалентно отсутствию этого элемента. Т.о., с изменением режима отбора горячей воды изменяется структура открытой системы.

При отборе воды только из подающей от источника теплоты линии в тепловой пункт поступает расход теплоносителя, равный расчетному расходу на отопление плюс расход на горячее водоснабжение. Т.к. отбор горячей воды в течение суток неравномерный, расход теплоносителя в подающих трубах будет перем., а в обратных — пост., равный расчетному расходу на отопление. При отборе воды только из обратной линии (при морозах) по подающей линии идет пост. расход теплоносителя, равный расчетному расходу на отопление. В обратной линии расход меньше отопит. и при пике дозабора может оказаться равным нулю.

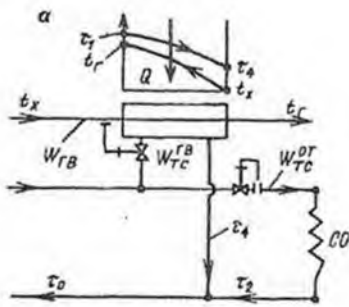
Схема теплового пункта с несвязным регулированием подачи теплоносителя обеспечивает норм. работу *систем отопления* и горячего водоснабжения, но характеризуется значит. изменением расходов в тепловых сетях, кроме того, подающие трубы должны быть рассчитаны на макс. расход воды для горячего водоснабжения, что влечет удорожание тепловых сетей. Для расчета труб на средний расход необходимо у потребителей теплоты устанавливать баки-аккумуляторы или использовать схемы со связанным регулированием, при к-рых на вводе в тепловой пункт устанавливаются регулятор расхода, обеспечивающий подачу пост. кол-ва теплоносителя на отопление зданий и горячее водоснабжение (см. *Тепловой пункт*). Если используется отопит. график темп-р, теплопроводы рассчитывают на средний расход теплоносителя для горячего водоснабжения и на расчетный расход для отопления. Для сокращения расхода металла на тепловые сети регулирование ведут по совмещ. нагрузке отопления и горячего водоснабжения, применяя повыш. скорректиров. график темп-р, при к-ром сети рассчитывают только на отопит. расход. При низких наружных темп-рах, когда отбирается вода из обратной линии, темп-ру поступающего в тепловой пункт теплоносителя повышать нет надобности. По мере роста отбора воды из подающей линии при повышении темп-ры наружного воздуха темп-ру теплоносителя следует повышать настолько, чтобы компенсировать отбор теплоты вместе с теплоносителем. В систему отопления будет подаваться требуемое кол-во теплоты несколько меньшим по объему теплоносителем, но с более высокой темп-рой. Для стабилизации гидравлич. режима систему отопления целесообразно присоединять к

тепловым сетям с помощью подмешивающих насосов и автоматич. регуляторов, к-рые поддерживают пост. циркуляцию и темп-ру в подающей линии соответственно отопит. графику темп-р. Если в Т.п.о.с.т. автоматич. регуляторы не устанавливаются, то для качеств. работы систем отопления рассчитываются спец. скорректиров. графики температур, к-рые и поддерживают в источниках теплоты.

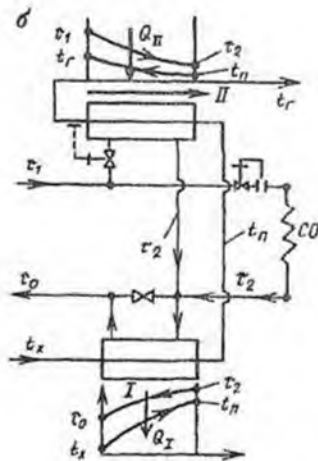
ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ — определение темп-ры *теплоносителя* в *системе отопления* и площади нагрева. поверхности оборудования, достаточной для подачи необходимого кол-ва *теплоты* для отопления помещений. Темп-ру теплоносителей *воды* и *воздуха*, изменяющуюся по длине *теплопроводов* системы отопления, находят, приравнивая на каждом участке уменьшение теплосодержания теплоносителя теплотопотерям через стенки этого участка. Темп-ра теплоносителя *пара* определяется его давлением, и расчет теплотопотери через стенки *паропроводов* сопровождается расчетом кол-ва попутно конденсирующегося пара.

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ СХЕМ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ состоит в определении темп-р во всех ее узловых точках, расходов *теплоносителей* и тепловых потоков в *водоподогревателях системы теплоснабжения*. При паралл. присоединении водоподогревателей заданы: расход теплоты на горячее водоснабжение Q , Вт, темп-ра *воды* в подающей линии t_1 , в *системе горячего водоснабжения* t_x и t_r . Расход теплоты макс. Приняты: отопит. график регулирования, движение теплоносителя в водоподогревателе противоточное. Кривые темп-р вдоль подогревателя имеют большую крутизну вблизи того конца *теплообменного аппарата*, где больше разность темп-р. Этим определяется расположение выпуклости кривых. t_1 известная, ее берут из графика темп-р точки излома ($t_1^{из}$), т.к. в этом режиме будут миним. темп-ры греющего теплоносителя. Темп-ру горячей воды t_r принимают равной 60°C , холодной t_x 5°C .

Тепловым расчетом схемы следует определять: темп-ру греющего теплоносителя t_4 после подогревателя, тепловые эквиваленты расхода горячей воды $W_{г.в}$ и расхода воды тепловой сети $W_{т.с.г.в}$. Для теплообменника существуют три уравнения: два балансовых и *теплопередачи*. Последнее используют при расчете площади поверхности нагрева. Остаются два уравнения при трех неизвестных, т.е. задача не определена. Для ее решения задается числ. значение темп-ре сетевой воды при выходе из теплообменника. Чем эта темп-ра ниже, тем меньше расход тепло-



Схемы присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения при несвязанной подаче теплоты на отопление и горячее водоснабжение
 а — параллельная; б — смешанная; t — температура воды в системе теплоснабжения; t_x — температура воды в местной системе горячего водоснабжения; CO — система отопления; I, II — водоподогреватели первой и второй ступеней



носителя, но тем больше площадь поверхности нагрева теплообменника. При таком изменении экономич. хар-к существует оптимум. Оптим. значение t_4 находится в пределах 15—20°C. Можно $W_{Т.С.}^{ГВ}$ определить из ур-ния $Q_{\text{макс}} = W_{Т.С.}^{ГВ} (t_1 - t_2)$ а $W_{ГВ}$ — из баланса теплоты $Q_{\text{макс}} = W_{ГВ} (t_r - t_x)$. Тепловой эквивалент расхода воды на отопление определяется из баланса теплоты $Q_{\text{от}}^{\text{в}} = W_{Т.С.}^{\text{от}} (t_1 - t_2)$, где $Q_{\text{от}}^{\text{в}}$ — расчетный расход теплоты на отопление; $W_{Т.С.}^{\text{от}}$ — тепловой эквивалент расхода сетевой воды на отопление; t_1, t_2 — расчетные темп-ры воды в тепловой сети по отопит. графику. По темп-ре и расходу теплоносителей в точке слияния потоков рассчитывают темп-ру t_0 в обратной линии, выходящей из теплового пункта: $(W_{Т.С.}^{ГВ} + W_{Т.С.}^{\text{от}}) t_0 = W_{Т.С.}^{ГВ} t_4 + W_{Т.С.}^{\text{от}} t_2^{\text{от}}$, где $t_2^{\text{от}}$ — темп-ра в точке излома графика.

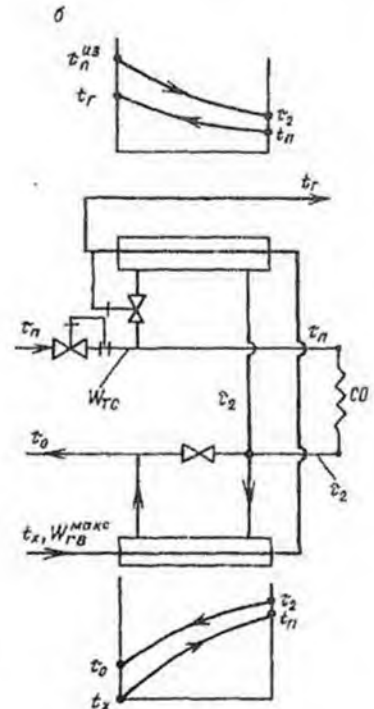
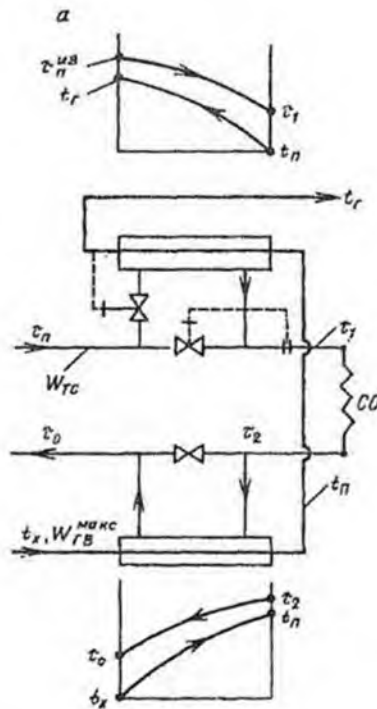
При смеш. схеме присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения необходимо рассчитать параметры для теплообменных аппаратов I и II ступеней. Теплообменный аппарат I ступени устанавливают после системы отопления, поэтому в нем вода нагревается не выше t_2 . Величина недогрева также является задачей технико-экономич. Приближенно ее принимают равной $t_2 - t_n = (5 - 10)^\circ\text{C}$. Промежуточная темп-ра воды t_n между водоподогревателями определяет кол-во теплоты, передаваемой в водоподогревателях I и II ступеней. Теплообменники соединены последовательно, поэтому через них проходит один и тот же тепловой эквивалент расхода воды $W_{ГВ}$, к-рый определяют из баланса теплоты $Q_{\text{макс}} = W_{ГВ} (t_r - t_x)$. Темп-ра воды на выходе из

водоподогревателя I ступени известны $t_x, t_n, W_{ГВ}, t_2^{\text{от}}$, имеются два балансовых ур-ния. Седьмой параметр определяют, зная расход воды через систему отопления. Расход теплоты в водоподогревателе I ступени равен: $Q_1 = W_{ГВ} (t_1 - t_x)$. Через водоподогреватель I ступени проходит вся сетевая вода: из теплообменника II и из системы отопления. Рассчитывают расход через систему отопления и суммарный расход:

$$Q_{\text{от}}^{\text{в}} = W_{Т.С.}^{\text{от}} (t_1 - t_2^{\text{от}}),$$

$$W_{Т.С.}^{\text{от}} = W_{Т.С.}^{\text{от}} + W_{Т.С.}^{\text{от}}$$

Темп-ра обратной воды по выходе из теплового пункта равна: $Q_1 = W_{Т.С.}^{\text{от}} (t_1 - t_0)$. Расчет последоват. и смеш. с ограничением схем присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения к тепловым сетям, работающим по принципу связанного регулирования, ве-



водоподогревателя I ступени равна темп-ре входа в подогреватель II ступени и равна t_n . Для водоподогревателя II ступени известны $t_n, t_r, W_{ГВ}, t_2^{\text{от}}$ имеются 2 балансовых ур-ния. Для определения всех семи параметров задаются темп-рой сетевой воды на выходе из водоподогревателя, равной темп-ре воды, выходящей из системы отопления $t_2^{\text{от}}$. Расход теплоты равен $Q_{\text{от}} = W_{ГВ} (t_r - t_n)$. Эквивалент расхода теплоносителя $W_{Т.С.}^{\text{от}}$ определяют из балансо-

Последовательная (а) и смешанная с ограничением расхода воды (б) схемы присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения к тепловым сетям

дут при совместном рассмотрении режимов водоподогревателей I и II ступеней и нагреват. приборов системы отопления. Расход сетевой воды пост. и равен расходу воды на отопление. Следовательно, тепловой эквивалент расхода равен: $W_{Т.С.}^{\text{от}} = Q_{\text{от}}^{\text{в}} / (t_1 - t_2^{\text{от}})$. Параметры схемы

рассчитывают для точек излома графика темп-р с учетом повыш. графика. Теплообменник I ступени для любой схемы рассчитывают на балансировый расход горячей воды $W_{г.в.}^6$, к-рый получают в результате балансирования подачи теплоты в систему отопления в недельном разрезе (он примерно на 20% больше среднего недельного). На этот режим подбирают его площадь поверхности нагрева.

Для расчета тепловых схем заданы след. величины: все расчетные параметры для системы отопления; повышенный и отопит. графики темп-р; темп-ра, балансировый и макс. расходы горячей воды; темп-ра холодной воды. Для водоподогревателя I ступени в точке излома графика будут след. темп-ры сетевой воды: входная t_2^3 , выходная t_2^4 . Темп-ры подогреваемой воды: входная t_1 , выходная $t_1^3 = t_2^3 + 5$ (недогрев воды в повыш. графике принят в 5°C). Балансировый расход $Q_{г.в.}^6$ задан. По трем ур-ниям для теплообменника определяют тепловые эквиваленты расходов теплоносителей: $W_{т.с.}$ и $W_{г.в.}^6$ и площадь поверхности нагрева F_1 (ур-ние для $W_{т.с.}$ удовлетворяется тождественно, т.к. повыш. график и схемы рассчитаны на пост. расход теплоносителя $W_{т.с.} = \text{const}$).

Второй этап расчета состоит в определении поверхности нагрева водоподогревателя II ступени на макс. расход теплоты для горячей водоснабжения. Для этого необходимо пересчитать параметры теплообменника I ступени на новый режим — макс. водоразбора и далее рассчитать совместную работу всех трех теплообменников: двух горячей водоснабжения и нагреват. приборов, к-рые эквивалентны системе отопления. Для водоподогревателя I ступени определяют расчетные значения безразмерных параметров и пересчитывают их на макс. расход горячей воды: $Q_r^6 = W_r/W_x = W_{т.с.}/W_{г.в.}^6$; $\omega_r = kF/W_r = \Delta t_i / \Delta t_{лр}$, где $\Delta t_{лр}$ — расчетное значение логарифмической разности темп-р (см. Расчет переменных режимов водоподогревателей). Новый режим отличается от расчетного только изменением расхода горячей воды, поэтому $W_r = W_x = W_{г.в.}^6 / W_{г.в.}^6 = (1,7 - 2)$.

Безразмерные параметры для нового режима:

$$Q_r = Q_r \bar{W}_r / \bar{W}_x = Q_r \bar{W}_r / W_x, Q_x = 1/Q_r;$$

$$\omega_r = \omega \bar{K} / \bar{W}_r = \omega \bar{K} (\bar{W}_x \bar{W}_r)^{0,4} / \bar{W}_r = \omega \bar{K} W_x^{0,4}, \omega_x = \omega_r Q_r.$$

Здесь использована аппроксимация изменения коэф. теплопередачи с изменением режима работы секц. кожухотрубных водоподогревателей $\bar{K} = (\bar{W}_x \bar{W}_r)^{0,4}$. Последоват. схему присоединения водопо-

догревателей горячей водоснабжения рассчитывают исходя из системы уравнений, написанной для всех теплообменников. Три ур-ния для водоподогревателя I ступени:

$$Q_{г.в.}^{\text{макс}} = W_{г.в.}^{\text{макс}} (t_{п1} - t_{х1});$$

$$t_{п1} - t_{х1} = \varepsilon_x (t_2 - t_1);$$

$$t_2 - t_0 = \varepsilon_x (t_2 - t_1).$$

Неизвестные параметры:

$$Q_{г.в.}^{\text{макс}}, t_{п1}, t_2, t_0.$$

Два ур-ния для водоподогревателя II ступени (третье ур-ние используют при расчете площади поверхности нагрева):

$$Q_{г.в.}^{\text{макс}} = Q_{г.в.}^{\text{макс}} - Q_{г.в.}^{\text{макс}};$$

$$Q_{г.в.}^{\text{макс}} = W_{т.с.} (t_{п2} - t_1).$$

Неизвестные $Q_{г.в.}^{\text{макс}}$ и t_1 . Два ур-ния для системы отопления (третьего ур-ния нет, т.к. темп-ра воздуха внутри помещения считается одинаковой):

$$Q_{от} = W_{т.с.} (t_1 - t_2) \text{ или } Q_{\Sigma} =$$

$$= Q_{г.в.}^{\text{макс}} + Q_{от};$$

$$t_2 = t_{п2} + \Delta t_{лр}^{0,76} - 0,5 \Delta t_{лр}^{0,76} Q_{от}.$$

Неизвестные $Q_{от}$ и $t_{п2}$. Второе ур-ние отражает изменение темп-ры обратной воды по отопит. графику.

Баланс теплоты для теплового пункта в целом: $Q_{\Sigma} = W_{т.с.} (t_{п1} - t_0)$. Неизвестное Q_{Σ} . Система состоит из 8 ур-ний и имеет 9 неизвестных. Замыкается ур-нием теплопередачи через наружные ограждения при нестационарном режиме. Учитывая малые колебания темп-ры воздуха внутри помещения ($1 - 1,5^{\circ}\text{C}$), с некоторым приближением ее замыкают, задав $t_{п1}$ (напр., 17°C). Систему решают с помощью двух блоков ур-ний. В первом блоке методом итераций рассчитывают t_2 , по второму определяют остальные неизвестные параметры. Расчет смешанной схемы с ограничением отличается от расчета последоват. схемы. Расчет и пересчет водоподогревателя I ступени такие же.

При расчете системы на макс. водо-

$$Q_{г.в.}^{\text{макс}} = W_{т.с.}^{\text{II}} (t_{п2} - t_2),$$

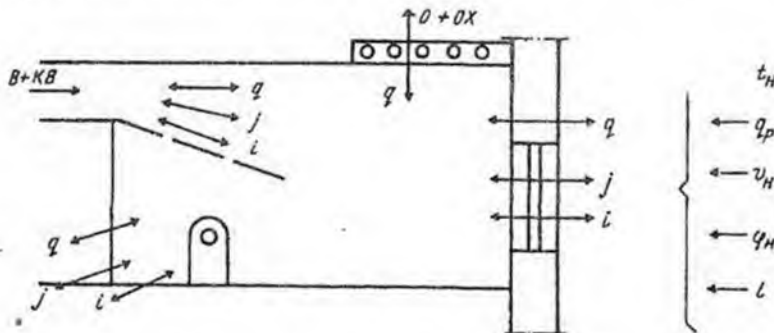
$$W_{т.с.} = W_{т.с.}^{\text{II}} = W_{т.с.}^{\text{от}}.$$

Второе ур-ние изменено, т.к. теплообменник присоединен по отношению к системе отопления не последовательно, а параллельно. $W_{т.с.}^{\text{II}}$ — эквивалент сетевой воды, к-рая поступает в водоподогреватель II ступени. Темп-ра после подогревателя принимается равной t_2 , исходя из этого рассчитывают его площадь поверхности нагрева. Третье ур-ние отражает схему присоединения теплообменников. Остальные ур-ния можно использовать в той форме, в какой они записаны для последоват. схемы. Первый блок ур-ний в расчете сохраняется таким же. Второй блок неск. изменяется.

В последоват. и смеш. с ограничением схемах присоединения водонагревателей горячей водоснабжения к тепловой сети теплообменник I ступени рассчитывают на балансировый режим, а теплообменник II ступени — на режим макс. водоразбора. Из условий стандартизации целесообразно для обоих теплообменников иметь одинаковый типоразмер. Поэтому живые сечения пучков труб, по к-рым проходит нагреваемая для горячей водоснабжения вода, должны быть одинаковыми. Их подбирают по средней скорости, определяемой после теплового расчета схемы. Затем рассчитывают площади поверхности нагрева и число секций в каждой ступени.

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ЗДАНИЯ —

совокупность всех факторов и процессов, определяющих тепловое состояние его помещений. Помещения здания находятся под сложным воздействием внешн. и внутр. факторов. Поступающие через наружные ограждения, а также от бытового и технологич. оборудования потоки теплоты q , влаги j и воздуха l являются возмущающими воздействиями. Регулирующие потоки от системы отопления (Q),



разбор три ур-ния для водоподогревателя I ступени сохраняются. Ур-ния для подогревателя II ступени изменяются:

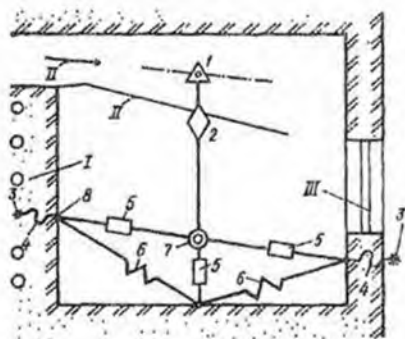
$$Q_{г.в.}^{\text{макс}} = Q_{г.в.}^{\text{макс}} - Q_{г.в.}^{\text{макс}},$$

Возмущающие и регулирующие воздействия теплового q , воздушного j и влажностного l режимов здания

t_1, φ, v, n — температура, относительная влажность и подвижность наружного воздуха; q_p — солнечная радиация; i — осадки

охлаждения (ОХ), вентиляции (В) и кондиционирования воздуха (КВ) обеспечивают в помещениях необходимые темп-ные, аэродинамич. и влажностные условия. Наибольшее влияние на теплоощущения находящихся в помещении людей оказывает темп-ра окружающих поверхностей и внутр. воздуха. Только при определенном их сочетании составляющие теплового баланса человека не выходят за допустимые пределы, и его система терморегуляции работает без перенапряжения (см. *Комфортные условия в помещении*).

Темп-ные условия в помещении предопределяются характером и интенсивностью протекающих теплообм. процессов.



Общая схема теплообмена в помещении
1 — струя воздуха; 2 — струйный теплообмен; 3 — внешняя среда; 4 — тепловой обмен теплопроводностью; 5 — конвективный теплообмен; 6 — лучистый теплообмен; 7 — воздух основного объема помещения; 8 — поверхности, обращенные в помещение; I — панель (отопительный прибор) системы отопления (охлаждения); II — неизотермическая струя приточного воздуха; III — наружное ограждение

Конвективный теплообмен возникает между воздухом и неизотермич. поверхностями: **лучистый теплообмен** — между отд. поверхностями с разл. темп-рой. Струйный теплообмен происходит в результате турбулентного перемешивания неизотермич. струй с воздухом осн. объема помещения. **Теплопередача** (в осн. **теплопроводность**) наблюдается в ограждениях здания и от теплоносителя к поверхности приборов систем отопления и охлаждения.

Тепловой баланс любой поверхности i на основе закона сохранения энергии может быть представлен уравнением $K_i + L_i + T_i = 0$. Отд. его составляющие могут изменяться во времени, иметь разл. значения и знаки, но ур-ние остается неизменным для всех поверхностей в стационарных и * нестационарных условиях теплообмена. Исключение составляют поверхности, на к-рых происходит доплнит. выделение или поглощение теплоты (испарение или конденсация водяных паров, облучение поверхности сосредоточ. тепловым источником и т.п.). Для

таких условий в ур-ние теплового обмена следует вводить доплнит. слагаемые. Необходимые **теплозащитные свойства ограждений** выбирают в каждом конкретном случае с учетом заданной обеспеченности расчетных внутренних условий и параметров наружного климата. Миним. уровень теплозащиты оценивается миним. допустимым сопротивлением теплопередаче ограждения и показателем **тепловой инерции ограждения**. Макс. уровень теплозащиты ограничивается экономич. соображениями. Влияние двухмерных элементов (наружных углов, откосов оконных проемов, теплопроводных включений и т.п.) обычно учитывают с помощью фактора формы, а теплозащитные свойства сложного ограждения оценивают приведенным сопротивлением теплопередаче. Совокупность теплозащитных свойств всех ограждений совместно с объемно-планировочной структурой здания определяют **тепловую характеристику здания**.

В летнее время ограждения и помещения находятся под активным воздействием периодически изменяющихся возмущений (см. *Периодический процесс нестационарной теплопередачи*). **Теплопередача нестационарная** наблюдается также в ограждениях и элементах систем инж. оборудования при разовых изменениях условий на границах (резкое изменение темп-ры наружного воздуха, отключение системы отопления и т.п.). Реакция помещения на такого рода изменения характеризуется показателем **тепловой инерции помещения** (темпом охлаждения). В ограждениях огранич. толщины наблюдаются **переходные процессы теплопередачи** от одного установившегося состояния к др., а в полугоризонт. массивах — процессы **непрерывного нагрева (охлаждения)** тел. Для расчета темп-ного поля в нестационарных процессах используют **теплопроводности уравнение совместно с условиями однозначности (начальные и граничные условия)**. Для упрощения решения в инж. практике применяют вспомогат. принципы, методы и закономерности: принцип эквивалентности, принцип суперпозиции, отражения; **метод конечных разностей**, элементарных объемов, **метод электротепловой аналогии** и метод гидротепловой аналогии; закономерности **иррегулярного и регулярного режимов** и др.

ТЕПЛОВЫЕ УСТАНОВКИ НА БИОТОПЛИВЕ — устройства, в к-рых в качестве источника **теплоты** используют органич. соединения, наз. биомассой. В процессе соединения с кислородом при сгорании биомасса выделяет теплоту. Посредством хим. или биохим. процессов она может быть трансформирована в такие виды **топлива**, как газообразный метан, жидкий метанол, твердый древесный уголь. Около 90% энергии, накопл. в рас-

тениях на поверхности Земли, сосредоточено в деревьях. Общее кол-во такой энергии — около 635 ТВт, что примерно равно энергетич. ценности всех развед. запасов угля. Гл. преимущество этой энергии — ее возобновляемость. Энергетич. эквивалент земного урожая биомассы на суше оценивается примерно в 29 ТВт, т.е. в 3 раза больше общемирового потребления энергии, при этом половину энергии дают леса. Энергия, аккумулиров. водорослями в океане, составляет около 15 ТВт. Эти подсчеты основаны на миним. кпд фотосинтеза — 0,2% на суше и 0,02% в океане, к-рый в действительности бывает более эффективен. Наиболее известный метод энергетич. использования биомассы — сжигание дров для приготовления пицци и обогрева жилья. Это дает 2 ТВт мировых энергопоступлений, однако обуславливает быстрое уничтожение лесов. Во многих странах широко распространено сжигание в качестве топлива сухого навоза, однако при этом теряется ценное удобрение. Более эффективна распространенная в Индии и Китае анаэробная ферментация навоза в закрытой емкости для получения метана. В Бразилии для получения спирта-этанола — жидкого топлива используют ферментацию биомассы из сахарного тростника и маниоки.

Сжигание биотоплива для получения теплоты используют:

для приготовления пицци и обогрева жилищ. В этом случае чаще всего используют малоэффективные методы, связ. с применением открытого огня. Кпд использования составляет около 5%. Большие потери теплоты объясняются неполным сгоранием, потерями на излучение, уносом теплоты ветром, испарением и использованием сырого топлива;

для сушки технич. с.-х. культур, осушительная сжиганием их отходов. При этом материал для сушки можно поместить непосредственно в поток газобразных продуктов сгорания, что связано с опасностью воспламенения и ухудшения пищевых качеств, или использовать воздух, нагретый в теплообменниках различной конструкции. Использование для сжигания эффективных печей позволяет получать потоки чистых горячих выхлопных газов ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} +$ избыточный воздух) с темп-рой около 1000°C , к-рая при подмешивании холодного воздуха может быть приведена к требуемой. Избыток энергии в данном случае часто используют для пром. получения пара;

для произ-ва теплоты и электроэнергии. Пар для обеспечения произ-ва обычно получают при сжигании разл. отходов биомассы в топках **паровых котлов**.

При использовании биотоплива в качестве источника теплоты рационально применение след. термхим. процессов:

пиролиз или сухая перегонка — нагрев или частичное сжигание органич. сырья для получения производных топлив или хим. соединений. Сырье — древесина, отходы биомассы. Продукты пиролиза — газы, жидкий конденсат (смолы, масла), твердые остатки (уголь, зола). Традиц. технология получения древесного угля — пиролиз без сбора паров и газов. В процессе пиролиза возможно также получение макс. кол-ва *газообразного топлива*, к-рое более удобно для дальнейшего использования, экологично и транспортабельно. Устройства для получения макс. выхода газов в процессе пиролиза наз. газогенераторами. Их кпд 80—90%;

гидрогенизация — процесс, при к-ром измельч., разложившуюся или переработанную биомассу нагревают в атмосфере водорода до 600°C при давлении 5 МПа для получения горючих газов, преимущественно метана и этана. Возможна гидрогенизация с применением СО и пара. При этом из продуктов реакции, идущих в присутствии катализатора, извлекается синтетич. нефть. Эффективность преобразования энергии составляет 65%;

гидролиз под воздействием к-т и ферментов — превращение целлюлозы в сахар для дальнейшего сбраживания при перегревании в серной к-те или под воздействием микроорганизмов;

спиртовая ферментация (брожение) — получение из биомассы этило-

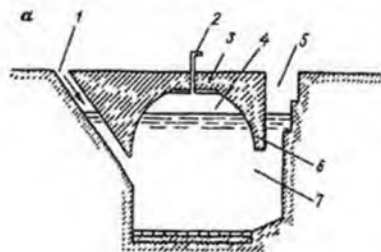
вого спирта, к-рый затем используют в качестве топлива. Исходное сырье — сахарный тростник, сахарная свекла, растит. крахмал, целлюлоза.

Биогаз также может быть получен при анаэробном сбраживании биомассы, т.е. в процессе ее окисления без присутствия воздуха. Для получения биогаза (смеси CH_4 и CO_2) используют биогазогенераторы, позволяющие получить макс. кол-во метана (*метантенки*). При этом энергия биогаза может достигать 60—90% энергии сухого исходного материала. Такие газогенераторы экономически эффективны при работе на сточных водах от животноводч. ферм и скотобоен. Главной особенностью китайского биогазогенератора для широкого применения является стационарный сводчатый бетонный корпус. По мере выделения газа и, следовательно, увеличения его объема поток сбраживаемой массы за счет роста давления прерывается, чем достигается регулирование работы системы. На др. автоматич. установке для пром. переработки отходов животноводства процесс сбраживания идет при подогреве не менее чем до 35°C.

ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ОГРАЖДЕНИЯ — свойства, определяющие необходимый уровень теплозащиты ограждений. Осн. показателем Т.с.о. в зимних условиях с относительно стабильными темп-рами вне и внутри здания является сопротивление *теплопередаче*, а в изменяющихся летних — теплоустойчивость. Сопротивление теплопередаче регламентируется сан. гигиенич. и технико-экономич. требованиями. Первые заключаются в ограничении миним. темп-ры на внутр. поверхности ограждения не ниже требуемой из условий допустимого радиац. охлаждения человека, находящегося около поверхности (см. *Комфортные условия в помещении*), и предохранения конденсации водяных паров. В этих целях устанавливают допустимые темп-ные перепады $\Delta t''$ между темп-рами помещения t'' и поверхности $t''_{\text{доп}}$. Зависимость требуемого сопротивления теплопередаче $R_{0}^{\text{ТР}}$ от расчетной разности темп-р внутр. и наружного воздуха показана для характерных наружных ограждений в зданиях с повыш. сан. гигиенич. требованиями (жилые здания, гостиницы, больницы и т.п.). Понижающий коэфф. $n \leq 1$ учитывают для ограждений, непосредственно не соприкасающихся с наружным воздухом (чердачные и надподвальные перекрытия и т.п.). Расчетную температуру наружного воздуха t_n выбирают с учетом показателя *тепловой инерции ограждения*. Исключение составляют светоп-

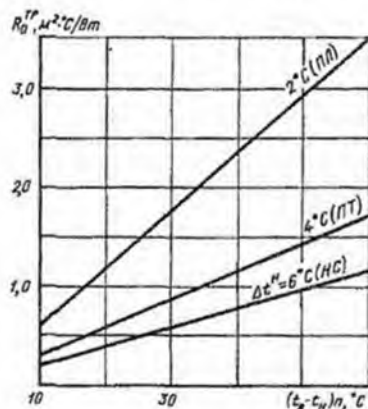
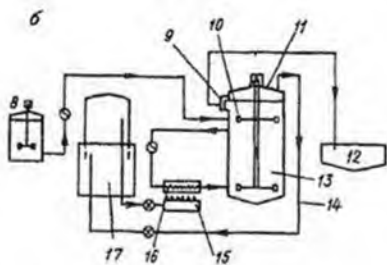
розрачные ограждения (окна, балконные двери, фонари), на внутр. поверхности к-рых допускаются конденсации водяных паров и понижение темп-ры ниже комфортной. Их сопротивление теплопередаче в зависимости от назначения здания принимают по разности темп-р помещения и средней темп-ры холодной 5-дневки. Повышение темп-ры внутр. стекла может быть достигнуто вентилированием межстекольного пространства внутр. воздухом (вентилируемые окна) или за счет обдувания поверхности окна струей нагретого воздуха.

Оптимальное сопротивление теплопередаче $R_{0}^{\text{ОПТ}}$ (экономически целесообразное) соответствует минимуму приведенных затрат $П = K + ЭТ$ на 1 м² ограждения, где K — единовремен. (капит.) вложения на изготовление, хранение, транспортировку и монтаж (стр-во) 1 м² ограждения, руб/м²; $Э$ — эксплуатацион. расходы, руб/(м²год), осн. составляющую к-рых оценивают по стоимости теряемой через 1 м² ограждения тепловой энергии в течение года; T — нормативный срок окупаемости дополнит. капит. вложений, принимаемый равным 12,5 лет. Нач. ординаты (при нулевой толщине утеплителя) соответствуют минимуму капит. вложений на возведение конструктивных слоев ограждения и максимуму эксплуатацион. расходов (наибольшие теплотери через ограждение). С увеличением толщины утеплителя капит. затраты возрастают с одноврем. снижением эксплуатацион. расходов. Оптим. толщина утеплителя $\delta_{\text{ут}}^{\text{ОПТ}}$, а следовательно, оптим. сопротивление теплопередаче $R_{0}^{\text{ОПТ}}$ соответствуют нижней точке перегиба кривой приведен. затрат. Абсолютные значения зависят от текущего уровня цен на материалы, топливо, транспорт и



Китайский биогазогенератор (а) и схема автоматической установки для промышленной переработки отходов животноводства (б)

1 — вход материала; 2 — газопровод; 3 — съемная крышка; 4 — газ; 5 — вывод переработанного материала; 6 — разделительная стенка; 7 — ферментатор; 8 — приемник; 9 — клапан; 10 — мешалка; 11 — стекло; 12 — емкость для продуктов переработки; 13 — газогенератор; 14 — подача газа; 15 — горелка; 16 — теплообменник; 17 — водяной газгольдер



Требуемое сопротивление теплопередаче для характерных типов наружных ограждений: НС — наружная стена; ПТ — потолок верхнего этажа; ПЛ — пол нижнего этажа

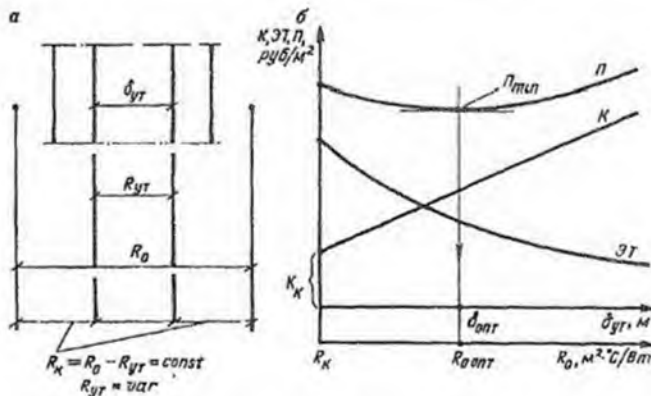


Схема наружного ограждения (а) и графическая интерпретация определения оптимального сопротивления теплопередаче (б)

др. расходов, принимаемых по действующим прейскурантам.

Расчетное сопротивление теплопередаче R_0 в каждом конкретном случае зависит от получ. значений минимально допустимого R_0^{TP} и оптим. R_0^{OIT} сопротивлений теплопередаче. Если $R_0^{OIT} > R_0^{TP}$, то окончательно принимают $R_0 = R_0^{OIT}$ с округлением до значения, соответствующего ближайшей (большей или меньшей) стандартной толщине используемого утеплителя; если $R_0^{TP} > R_0^{OIT}$, то $R_0 > R_0^{TP}$ с округлением толщины утепляющего слоя до стандартной в сторону увеличения. При этом определяют показатель тепловой инерции ограждения D и соответствующую ему расчетную темп-ру наружного воздуха и в случае ее расхождения с ранее принятой уточняют значение R_0^{TP} .

Для расчета теплопотерь и тепловых условий в помещении используют приведенное сопротивление теплопередаче с учетом имеющихся в ограждении двухмерных элементов (стыки, углы, откосы и т.п.). При этом темп-ра на их внутр. поверхности должна превышать темп-ру точки росы.

Помимо теплозащитных свойств ограждение должно обладать теплоустойчивостью, воздухо- и влагозащитными свойствами.

ТЕПЛОИЗБЫТКИ ПОМЕЩЕНИЯ — разность потоков *теплоты*, поступающих в помещение от внутр. и внешн. источников, и теплопотерь помещения. Значение Т.п. вычисляют исходя из предположения стационарности теплового режима помещения и используют для расчета вентиляц. *воздухообмена* помещения. Вентиляц. воздух, нагреваясь в помещении, удаляет Т.п. Различают *потоки явной и полной теплоты*. При анализе теплового режима используют поток явной теплоты. Если поступление явной теплоты меньше теплопотерь помещения, то термин Т.п. заменяется термином *теплонедостатка* помещения. В

этом случае *вентиляция* совмещает ф-ции отопления (см. *Воздушное отопление*). Т.п., рассчит. по полной теплоте, позволяет определить *энтропийную влажностную* влажность воздуха и, следовательно, влагосодержание воздуха в помещении. Расчеты по полной теплоте проводят, определяя воздухообмен при кондиционировании воздуха в помещении. Источниками теплопоступления в вентилируемых помещениях являются: люди, солнечная радиация, освещение, нагретые поверхности оборудования, работающие электродвигатели и нагреватели, нагретые материалы, изделия и трубопроводы, транспортные средства, открытые водные поверхности, выбивающиеся потоки пара, приборы *системы отопления*. Теплопотери помещения обычно складываются из теплоты, теряемой через наружные ограждения или перегорку между смежным неотапливаемым помещением, а также на подогрев инфильтрующегося через неплотности окон и стен наружного воздуха, поступающего в помещение. Значение Т.п. зависит от расчетного периода (теплый, холодный и переходный). Т.п., отнесенные к внутр. объему помещения, наз. *теплонпряженностью помещения*.

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ — материалы и изделия, применяемые для теплоизоляции зданий и сооружений, технологич. оборудования, трубопроводов и др. Т.м. характеризуются низкой *теплопроводностью* (коэфф. теплопроводности в пределах 0,02—0,2 Вт/мК), высокой пористостью (70—98%), незначит. плотностью и прочностью (предел прочности при сжатии 0,05—2,5 мН/м²). В соответствии с нормативными документами Т.м. классифицируют по след. осн. признакам: виду исходного сырья, форме и внешн. виду, структуре, средней плотности, жесткости, теплопроводности, сгораемости. По виду исходного сырья Т.м. подразделяют на две группы: неорганич. и органич. Неорганич. Т.м. — это минер. вата и

изделия из нее (среди последних распространены минераловатные плиты — твердые и полые, жесткости, легкие и ячеистые бетоны (гл. обр. газобетон и пенобетон), пеностекло, стекл. волокно, изделия из вспученного перлита и вермикулита, теплоизоляц. керамика, асбестосодержащие теплоизоляц. массы и изделия. Изделия из минер. ваты получают переработкой расплавов горных пород или металлургич. (гл. обр. доменных) шлаков в стекловидное волокно. Неорганич. Т.м., используемые в качестве монтажных, изготовляют на основе асбеста (асбестовый картон, бумага, войлок), смеси асбеста и минер. вяжущих в-в (асбестоцементные изделия) и на основе вспученных горных пород (вермикулиты, перлиты). Для изоляции пром. оборудования и установок, работающих при темп-рах выше 1000°C (напр., печей, топок, котлов и т.д.), применяют т.п. легковесные огнеупоры, изготовляемые из огнеупорных глин или высокоогнеупорных оксидов в виде штучных изделий (кирпичей, блоков разл. профиля). К органич. Т.м. относят прежде всего материалы, получаемые переработкой неделовой древесины и отходов деревообработки (древесно-волокнистые плиты и древесно-стружечные плиты), с.-х. отходов (соломы, камышей и др.), торфа (торфоолиты) и др. местного органич. сырья. Эти Т.м. отличаются низкой водо- и биостойкостью, чего лишены т.н. газонаполн. пластмассы (пенопласты, поропласты, сотопласты и др.) — высокоэффективные органич. Т.м. Характерная особенность большинства органич. Т.м. — низкая огнестойкость, поэтому их применяют обычно при темп-рах не выше 150°C. Существует группа материалов, изготовляемых из смеси органич. и неорганич. сырья (фибролит, изделия из минер. ваты на синтетич. связующем, высокопористые пластмассы, напол. вспуч. перлитом, легким керамзитом и др.). Их не выделяют в особую группу, т.к. в зависимости от преобладания неорганич. или органич. части относят к одной из двух упомянутых групп (напр. минераловатные изделия на синтетич. или битумном связующем относят к неорганич. материалам, а фибролит — к органич.). По форме и внешн. виду Т.м. подразделяют на штучные (плиты, блоки, кирпич, сегменты, полуцилиндры, цилиндры), рулонные (маты, полосы, матрацы), шнуровые (шнуры, жгуты), рыхлые и сыпучие (вата — минер., стекл., огнеупорная, гранулиров., вспуч. перлит и вермикулит, торфяная крошка, молотый диатом, порошкообразные смеси, используемые для мастичной тепловой изоляции горячих поверхностей оборудования и трубопроводов). Наиболее перспективны штучные изделия, изготовляемые в за-

водских условиях по установл. технологии. Теплоизоляция из рыхлых и сыпучих материалов увеличивает затраты ручного труда и не гарантирует постоянство свойств набивной или засыпной изоляции в связи с уплотнением и разрушением материалов в период эксплуатации. По структуре Т.м. подразделяют на волокнистые (минер. вата, стекловолокно и др.), ячеистые (пеностекло и др.), зернистые (вспученные перлит, вермикулит и др.), по средней плотности в сухом состоянии — на группы и марки: I группа — особо легкие (ОЛ), имеющие марки 15, 25, 35, 50, 75, 100; II группа — легкие (Л) — 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350; III группа — тяжелые (Т) — 400, 450, 500, 600. Т.м. с промежуточным значением средней плотности относят к ближайшей большей марке. По жесткости теплоизоляц. изделия подразделяют на виды исходя из отн. деформации сжатия под уд. нагрузкой. Осн. направлением развития произ-ва Т.м. является расширение выпуска высококачеств. крупногабаритных жестких изделий, применение к-рых в наибольшей степени способствует повышению уровня индустриализации стр-ва.

По теплопроводности Т.м. и изделия делят на классы [коэфф. теплопроводности λ (Вт/мК) определяют при 25°C]: малотеплопроводные (λ до 0,058); среднетеплопроводные ($\lambda = 0,058—0,116$); повыш. теплопроводности ($\lambda = 0,116—0,2$). В эксплуатац. условиях Т.м. должны быть защищены от проникания влаги, т.к. их теплопроводность при насыщении водой возрастает в неск. раз. По возгораемости Т.м. подразделяются на три группы: негорючие, трудногорючие и горючие.

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ РАБОТЫ — работы по устройству теплоизоляции трубопроводов, пром. оборудования и др. В зависимости от размеров изолируемой поверхности и вида теплоизоляционных материалов устройство теплоизоляции производится: укладкой и закреплением крупных изделий заводского изготовления (плиты, блоки, сегменты), мягких рулонных материалов (маты, шнуры), мелкоштучных изделий (кирпич); засыпкой; обмазкой; набрызгом; заливкой. Наиболее трудоемки Т.р., связ. с обмазкой и засыпкой. Набрызг и заливка — методы Т.р., основ. на применении гл. обр. полимерных теплоизоляц. материалов в виде отверждающихся пен. Комплекс Т.р. помимо устройства (нанесения) слоя собственно теплоизоляц. материала включает работы по гидро- и пароизоляции этого слоя и обеспечению его защиты от механич. повреждений. Нанесение гидро- и пароизоляц. слоев пре-

дусматривается в тех случаях, когда теплоизоляц. слой подвергается увлажнению (напр., на трубопроводах, пролож. на открытом воздухе, под землей и др.). Защита теплоизоляц. слоя от механич. повреждений осуществляется облицовкой его плотными материалами, установкой спец. защитных кожухов, оштукатуриванием и др. способами.

В индустр. стр-ве Т.р. выполняются преимущественно в заводских условиях, в процессе изготовления сборных конструкций и изделий. Для монтажной теплоизоляции выпускаются полностью готовые элементы, сводящие Т.р. лишь к закреплению (монтажу) их на изолируемой поверхности, что существенно повышает произ-сть и качество Т.р.

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ, теплозащита — защита зданий, тепловых пром. установок, холодильных камер, трубопроводов и др. аналогичных устройств от нежелат. теплообмена с окружающей средой. Напр., в стр-ве и теплоэнергетике Т. необходима для уменьшения теплопотерь в окружающую среду, в холодильной и криогенной технике — для защиты аппаратуры от притока теплоты извне. Т. обеспечивается устройством спец. ограждений в виде оболочек, покрытий из теплоизоляционных материалов, затрудняющих теплопередачу. Сами теплоизоляц. средства также наз. Т. При преимущ. конвективном теплообмене для Т. используют ограждения, содержащие слои материала, непроницаемого для воздуха; при лучистом теплообмене — конструкции из материалов, отражающих тепловое излучение; при теплопроводности — материалы с развитой пористой структурой. Эффективность Т. при переносе теплоты определяется термич. сопротивлением R изолирующей конструкции. Для однослойной конструкции $R = \delta/\lambda$, где δ — толщина слоя изолирующего материала; λ — его коэфф. теплопроводности. Повышение эффективности Т. достигается применением высокопористых материалов и устройством многослойных конструкций с воздушными прослойками.

Задача Т. зданий — снизить потери теплоты в холодный период года и обеспечить отн. постоянство темп-ры в помещениях в течение суток при колебаниях темп-ры наружного воздуха. Применяя для Т. эффективные теплоизоляц. материалы, можно существенно уменьшить толщину и снизить массу ограждающих конструкций и т.о. сократить расход осн. строит. материалов (кирпича, цемента, стали и др.), увеличить допустимые размеры сборных элементов. В тепловых пром. установках (котлах, печах и т.п.) Т. обеспечивает

значит. экономию топлива, способствует увеличению мощности тепловых агрегатов и повышению их кпд, интенсификации технологич. процессов, экономии осн. материалов. Экономич. эффективность Т. часто оценивают коэфф. сбережения теплоты $\eta = (Q_1 - Q_2)/Q_1$, где Q_1 и Q_2 — теплопотери установки или трубопровода без и с Т. Т. установок, работающих при высоких темп-рах, способствует также созданию норм. сан.-гигиенич. условий труда обслуживающего персонала и предотвращению произв. травматизма. Т. трубопроводов и оборудования тепловых сетей применяется при всех способах прокладки теплопроводов независимо от темп-ры теплоносителя. Область применения Т. определяется темп-рой стойкостью в-ва, способностью сохранять первонач. тепловые и механич. свойства при высоких темп-рах теплоносителей. Состояние Т. и ее долговечность зависят также от режимов работы установок, оборудования теплопроводов.

ТЕПЛОМАССОБМЕННЫЙ АППАРАТ — см. Теплообменный аппарат.

ТЕПЛОАПРЯЖЕННОСТЬ ПОМЕЩЕНИЯ — уд. хар-ка, определяемая отношением теплоизбытков помещения к его внутр. объему. По значению Т.п. различают теплонапряж. вентилируемые помещения (Т.п. выше 23 Вт/м³) и нетеплонапряж. (Т.п. ниже 23 Вт/м³). В нек-рых инж. способах расчета требуемого воздухообмена в вентилируемом помещении по значению Т.п. и потока явной теплоты определяют приток темп-ры по высоте помещения и, следовательно, темп-ру уходящего вентиляц. воздуха.

ТЕПЛОАСОСНАЯ УСТАНОВКА — устройство для передачи внутр. энергии от энергоносителя с низкой темп-рой к энергоносителю с высокой темп-рой при затратах механич. или электрич. энергии. Применяют для теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха зданий и сооружений пром., с.-х., обществ. и жилого назначения, а также в пром-сти для термич. разделения в-в; в процессах сушки и для др. целей. Впервые в Европе мощная Т.у. применена в Цюрихе в 1938 для отопления здания.

Принцип действия Т.у. основан на том, что при подводе низкотемп. теплоты в испаритель происходит процесс кипения рабочего тела, пары к-рого сжимаются в компрессоре с повышением энтальпии и темп-ры. В конденсаторе теплота фазового перехода рабочего тела передается технологич. теплоносителю. В дроссель-клапане снижаются темп-ра и давление рабочего тела, поступающего обратно в испаритель. Круговой процесс

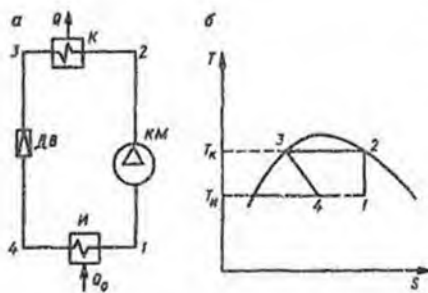


Схема теплонасосной установки (а) и цикла теплового насоса на T, S -диаграмме (б).
 К — конденсатор; И — испаритель; КМ — компрессор; ДВ — дроссельный клапан; Q_0 и Q — подвод и отвод тепла

идеальной парокompрессионной Т.у. на T, S -диаграмме: 1—2 — изотропное сжатие влажного пара от давления в испарителе до давления в конденсаторе; 2—3 — изобарно-изотермич. конденсация рабочего тела; 3—4 — изотропное расширение в дроссель-клапане до давления в испарителе; 4—1 — изобарно-изотермич. кипение (испарение) рабочего тела. Осн. термодинамич. хар-ка Т.у. — коэфф. преобразования, который определяется отношением теплоты, отданной в конденсаторе, к затрат. в компрессоре работе. Для оценки эффективности преобразования энергии в Т.у. используют понятие эксергетического кид — отношение эксергии теплового потока в конденсаторе к подведенной.

Т.у. классифицируют:

по принципу работы — на термомеханич., использующие процессы повышения и понижения давления рабочего тела; электромагнитные, использующие пост. или перем. электрич. или магнитные поля. Термомеханич. Т.у. разделяют на компресс. (парожидкостные, газожидкостные и газовые), сорбц. (абсорбц. и адсорбц.) и струйные (эжекторные и вихревые с замкнутым и разомкнутым контурами). К электромагнитным Т.у. относят термоэлектрич. системы (основанные на эффекте Пельтье), магнитокалорич. (трансформация теплоты осуществляется последовательным намагничиванием и размагничиванием парамагнетиков или ферромагнитных тел), термомагнитные (используется эффект Эттингсхаузена при совместном действии на полупроводники магнитного и электрич. полей) и электрокалорич. (основаны на действии электрич. поля на сегнетоэлектрики);

по характеру трансформации — на установки с повышающей и расщепит. трансформацией. В первом случае теплота, подведенная к установке при темп-ре T_n , отводится от нее с более высокой темп-рой T_k . Во втором — к установке подводится поток теплоты среднего

потенциала с темп-рой T_c , который в Т.у. делится (расщепляется) на 2 потока — низкого T_n и повыш. T_k потенциала. Работа осуществляется за счет подведенного теплового потока среднего потенциала;

по характеру протекания процесса во времени — непрерывного действия (работают постоянно между плановыми остановками, хар-ки меняются в пределах графиков регулирования) и периодич. действия (работают по временному графику, где периоды получения теплоты (холода) чередуются);

по характеру процесса — с циклич., квазциклич. и нециклич. процессами.

В качестве рабочих тел в термомеханич. Т.у. применяют хладагенты — в-ва и их смеси с темп-рами кипения $T_k = 350...120$ К, криоагенты ($T_k < 120$ К), абсорбц. пары в-в — рабочие агенты и абсорбенты (напр., $H_2O-LiBr$, NH_3-H_2O) и воду (гл. обр. в установках кондиционирования воздуха абсорбц. и эжекторного типов).

В пром-сти в осн. используют Т.у. компрессионного, абсорбц. и эжекторного типов. Особенно распространены компресс. Созданы полупроводниковые Т.у. небольшой единичной произ-сти, работающие в относительно малых интервалах темп-р T_k и T_n , отличающиеся простотой устройства и эксплуатации. Они могут применяться для индивид. теплоснабжения в юж. р-нах.

ТЕПЛОНОСИТЕЛЬ — движущаяся жидкая или газообразная среда, используемая для осуществления процесса теплопереноса. Т. могут служить вода, водяной пар, газы, жидкие металлы, хладагны.

ТЕПЛООБМЕН — самопроизвольный необратимый процесс переноса энергии (в форме теплоты) в пространстве с неоднородным полем темп-ры. В общем случае Т. может вызываться также неоднородностью полей др. физ. величин, напр. концентрацией (диффуз. термоэффект). Различают конвективный теплообмен, лучистый теплообмен и теплопроводность.

ТЕПЛООБМЕННЫЙ АППАРАТ, тепломаассообменный аппарат — устройство, входящее в состав кондиционера и предназнач. для передачи теплоты (холода) от теплоносителя (холодоносителя) воздуху. Если процесс переноса теплоты сопровождается переносом (испарением или конденсацией) влаги, то Т.а. наз. тепломаассообменным. Т.а. существуют двух видов: контактные и поверхностные. В контактных Т.а. теплообменная обработка осуществляется при непосредств. контакте воздуха с поверхностью воды или водного раствора. К этому типу аппаратов относятся оросит.

форсуночные камеры, орошаемые насадки и пенные аппараты. В поверхностных Т.а. теплообмен воздуха с теплоносителем (холодоносителем) осуществляется через разделяющую их стенку. Такие аппараты (воздухонагреватели и воздухоохладители) имеют пучки оребренных снаружи труб, по к-рым движется вода, а в межтрубном пространстве — воздух.

ТЕПЛООТДАЧА — конвективный теплообмен между движущейся средой и поверхностью ее раздела с др. средой (твердым телом, жидкостью или газом). Иногда Т. трактуют более широко, включая в нее также и лучистый теплообмен. Интенсивность теплообмена характеризуется коэфф. теплоотдачи $\alpha = q/\Delta t$, Вт/($m^2 \cdot K$), где q — плотность потока энергии (плотность теплового потока); Δt — темп-рная разность между средой и поверхностью, К.

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА — совокупность необратимых процессов переноса теплоты, происходящих в неравномерно нагретых телах (средах) или между средами с разл. темп-рами, раздел. промежуточным телом. Т. в общем случае является собирает. процессом, включающим все элементарные составляющие: теплопроводность, конвективный теплообмен, лучистый теплообмен. В зависимости от характера протекания процесса различают теплопередачу стационарную с неизменной темп-рой в каждой точке в любой момент времени и теплопередачу нестационарную, когда темп-рное поле тела изменяется во времени. Теория Т. и вытекающие из нее закономерности лежат в основе изучения процессов тепломаассо-переноса в элементах систем кондиционирования микроклимата и др. инж. оборудования. Совместно с общерой и технич. дисциплинами образует один из разделов общей теории зданий.

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА НЕСТАЦИОНАРНАЯ — неустановившийся тепловой процесс в телах и средах, характеризуемый изменением темп-ры в пространстве и во времени. Т.н. возникает в элементах зданий и инж. оборудования при изменении возмущающих воздействий (темп-ры внутр. и наружного воздуха, солнечной радиации, скорости и направления ветра, при пуске и остановке отопительно-вентиляц. систем, теплообменных устройств и др.). Учет нестационарности тепловых процессов позволяет обосновать требуемую теплозащиту ограждений, тепло- и холодопроиз-сть систем кондиционирования микроклимата, режим их функционирования, допустимую продолжительность отклю-

чения в аварийных условиях и т.п.

В зависимости от характера изменения темп-ры различают следующие виды неустановившихся тепловых процессов: *переходные процессы теплопередачи непрерывного нагрева (охлаждения) тела и периодический процесс нестационарной теплопередачи*. Скорость изменения эн-тальпии тела в любом нестационарном процессе (скорость перестройки темп-рного поля) определяется коэфф. теплопроводности $a = \lambda / c\rho$, m^2/c , где λ — коэфф. теплопроводности, Вт/(м·К); $c\rho$ — объемная уд. теплоемкость, Дж/(м³·К). При нагреве (охлаждении) жидких или газообразных сред возникающая конвекция способствует пространств. выравниванию темп-ры и ее изменению только во времени.

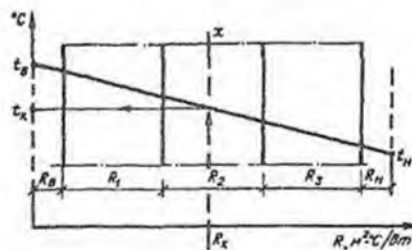
Описание процесса Т.н. для тела определ. геометр. формы включает дифференц. уравнение теплопроводности в частных производных, распределение темп-ры внутри тела в нач. момент времени (*начальное условие*) и закон взаимодействия между окружающей средой и поверхностью тела (*граничные условия*). Совокупность нач. и граничных условий наз. краевыми условиями (условиями однозначности). Для многослойных тел дополнит. учитывают условия сопряжения на границах слоев. В случае необходимости условия однозначности дополняют термодинамич. ур-ниями состояния окружающей среды.

Решение задачи Т.н. заключается в отыскании зависимости изменения темп-ры и кол-ва переданной теплоты во времени для каждой точки тела. В этих целях используют методы: аналитич. (разделения переменных — метод Фурье, метод источников, операц. и вариц. методы и др.), полуаналитич. (с использованием понятия *регулярного режима*), численные (*метод конечных разностей* и элементарных объемов), эксперимент. (*метод электротепловой аналогии*). Возможности аналитич. методов расширяются при использовании *принципа суперпозиции*, отражения, эквивалентности и взаимного влияния. Многие сложные задачи успешно решают также с помощью ЭВМ.

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА СТАЦИОНАРНАЯ — теплопередача между средами с разл. темп-рами через разделяющую стенку. Характеризуется неизменными во времени параметрами процесса. Т.с. устанавливается при длительном подержании темп-р теплообменивающихся сред на одном и том же уровне (теплообменники, отопительные приборы, наружные ограждения зданий при стабильных темп-рах внутр. и наружного воздуха и т.п.). Простейший и чаще всего наблюдаемый одномерный процесс —

теплопередача с изменением темп-рного поля только в одном направлении. Изотермич. поверхности одномерного поля параллельны поверхностям разделяющей стенки, а линии тока (тепловой потока) им перпендикулярны. Примером одномерного темп-рного поля может служить поле плоской стенки, длина и ширина к-рой намного превышают ее толщину. При огранич. размерах стенки одномерность нарушается и в зависимости от соотношения ее размеров темп-рное поле на отд. участках становится двух- или трехмерным. В одномерном процессе теплопередачи плотность теплового потока q , Вт/м², от более нагретой к менее нагретой среде пропорциональна разности темп-р Δt (темп-рному напору): $q = k\Delta t$, где k — коэфф. пропорциональности, называемый коэфф. теплопередачи, Вт/(м²·С). Величина, обратная коэфф. теплопередачи, называется сопротивлением теплопередаче R_0 (м²·С)/Вт, и определяет *теплозащитные свойства ограждения* — разделяющей стенки. Чем больше R_0 , тем большая разность темп-р возникает между теплообменивающимися средами. По этой причине в теплообменных аппаратах, где требуется повыш. интенсивность теплопередачи, предусматривают тонкие металлич. разделяющие стенки с исчезающе малым сопротивлением *теплопроводности* ($R_{ст} \rightarrow 0$). Сопротивление теплопередаче R_0 в этом случае определяется только суммой сопротивлений *теплообмену* на поверхностях стенки ($R_n = 1/\alpha_n$), обусл. конечными значениями коэфф. теплообмена α_n . Величину α_n в общем случае принимают равной сумме конвективной и лучистой составляющих.

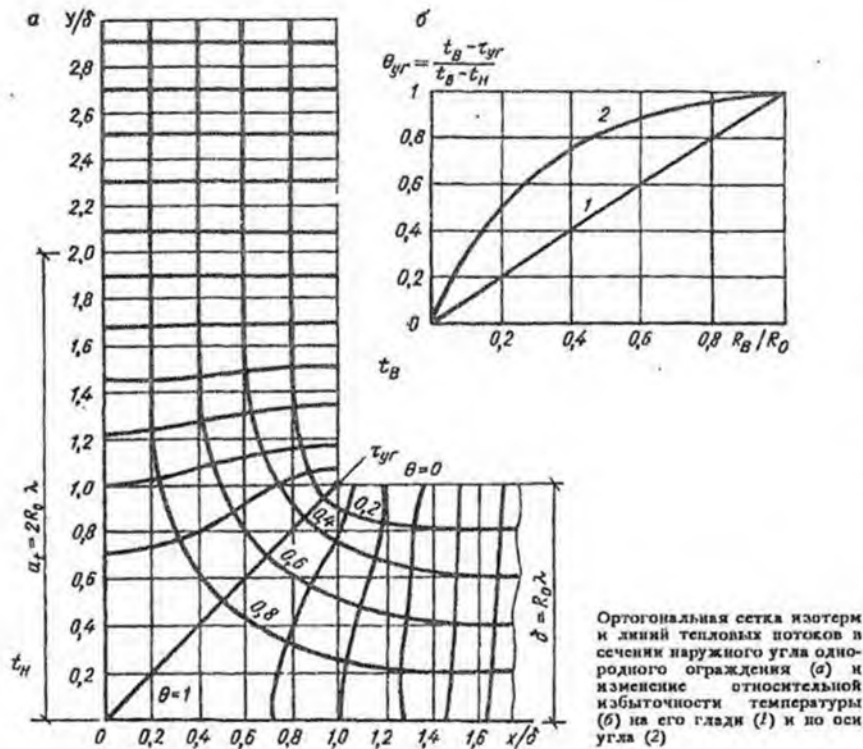
Наружные ограждения зданий, напротив, должны обладать повыш. сопротивлением теплопередаче, чтобы поддержать нужные темп-рные условия в помещениях. Необходимое сопротивление теплопередаче обеспечивают, вводя в ограждение дополнит. (помимо конструктивного) теплоизоляц. слой со значит. сопротивлением теплопроводности [$R_{т} = \delta_t / \lambda_t$, где δ_t — толщина теплоизоляц. слоя, м; λ_t — коэфф. теплопроводности материала, Вт/(м·С)]. Располагать теплоизоляц. слой желательно с наружной стороны ограждения (за конструктивным), защищая его от атм. осадков. Такое расположение приводит к повышению теплоустойчивости ограждения, предотвращению конденсации водяных паров в толще конструкции, устранению замерзания влаги и образования льда в зоне контакта с конструктивным слоем. Для уменьшения расхода теплоизоляц. материала в качестве утепляющего слоя иногда используют замкнутые воздушные прослойки незначит. толщины (не более 0,05—0,07 м). Устройство прос-



Линейное распределение температуры по сечению ограждения

лок большей толщины нежелательно вследствие усиления в них *конвективного теплообмена* и снижения термич. сопротивлений $R_{в.п.}$. Повышение $R_{в.п.}$ возможно за счет оклеивания "теплой" поверхности прослойки алюминиевой фольгой (степень черноты $\epsilon \approx 0,08$) и расположения прослойки ближе к наружной поверхности ограждения (в зоне отрицат. температур). В общем случае сопротивление многослойной конструкции наружного ограждения теплопередаче складывается из сопротивлений теплопроводности отдельных материальных слоев R_i , воздушной прослойки $R_{в.п.}$ (при ее наличии) и теплообмену на внутр. R_n и наружной R_n поверхностях. Распределение темп-ры по сечению ограждения легко получить из графика, построенного в масштабе термич. сопротивлений, включая сопротивления теплообмену на поверхностях.

Выявленное сопротивление теплопередаче и распределение темп-р справедливы в случае одномерного темп-рного поля. В отд. элементах ограждения (наружные углы, откосы оконных проемов, стыки с внутр. ограждениями и др.) одномерность нарушается, что приводит к снижению темп-ры на внутр. поверхности этих элементов и усилению теплового потока из помещения. Увеличение теплотери через двухмерный элемент $Q_{2м}$ по сравнению с одномерным $Q_{1м}$ той же площади наиболее просто учитывать с помощью т.н. фактора формы $f = Q_{2м} / Q_{1м} = (F / \delta)_{2м} / (F / \delta)_{1м}$, где $(F / \delta)_{2м}$ — геометр. параметр двухмерного элемента, равный отношению его площади (ширины по поверхности) к "толщине" (по направлению теплового потока); $(F / \delta)_{1м}$ — то же, одномерного. При этом ширину двухмерного элемента, м (по наружному или внутр. обмеру), принимают равной двум толщинам основной конструкции ограждения (в калибрах): $a_f = 2R_0\lambda$, где R_0 — сопротивление теплопередаче ограждения в зоне одномерного поля (м²·К)/Вт; λ — теплопроводность материала утепляющего слоя Вт/(м·К). Нулевая изотерма $\theta = (t_b - t) / (t_b - t_n)$ совпадает с внутр.



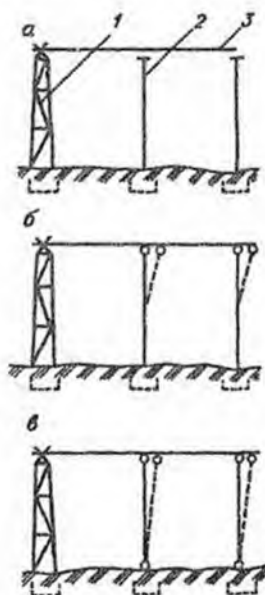
термич. границей ограждения, единичная изотерма — с наружной. В пределах каждого криволинейного квадрата среднее расстояние между изотермами соответствует среднему расстоянию между линиями тепловых потоков. Определяя геометрич. параметр $(F/\delta)_{\text{зм}}$ отношением числа трубок тока (интервалов между линиями тепловых потоков) к числу изотермич. полос (интервалов между изотермами) и учитывая, что аналогичное отношение в одномерной зоне стены тех же размеров $(F/\delta)_{\text{1м}} = 2$, получают $f_{\text{зм}} = 1,18$ (по внутр. обмеру) и $0,68$ (по наружному обмеру). В пределах двух калибров от угла ограждения по внутр. поверхности теплотери на 18% больше, а по наружной — на 32% меньше, чем через такую же площадь по глади стены. Темп-ра угла при этом снижается. В первом приближении ее можно определить по плотности входящего теплового потока и нормативному коэфф. теплообмена на внутр. поверхности. Прямая линия соответствует изменению темп-ры по сечению на глади стены в отдалении от угла. Разность ординат позволяет определить понижение темп-ры в углу относительно глади стены. Если темп-ра внутр. угла ниже темп-ры точки росы, необходимо предусмотреть мероприятия по предотвращению конденсации водяных паров и осушению угла (усиление теплозащиты прилегающей зоны, прокладка стояка

системы отопления и т.п.). Аналогичным образом определяют факторы формы для др. типичных двухмерных элементов. При наличии в ограждении неск. двухмерных элементов общие потери теплоты через сложное ограждение рассчитывают с помощью приведенного сопротивления теплопередаче $R_{0,\text{пр}} = rR_0$, где r — показатель приведения сложного процесса теплопередачи к одномерному. Его значение, как правило, меньше 1 и в каждом конкретном случае зависит от значений факторов формы и площади имеющихся двухмерных элементов.

ТЕПЛОПТЕРИ ПОМЕЩЕНИЯ — кол-во теплоты, теряемое в помещении в течение холодного времени года, когда темп-ра наружного воздуха ниже темп-ры внутр. При пост. темп-ре внутр. воздуха Т.п. изменяются в зависимости от темп-ры наружного воздуха. Единица измерения — Вт (кВт). Т.п. возникают, когда теплота теряется через наружные ограждения помещения, расходуется на нагревание попадающего в помещение холодного воздуха, материалов, транспортных средств, изделий, одежды, затрачивается в технологич. процессах (напр., при испарении жидкости). Различают Т.п. расчетные и текущие. Расчетные Т.п. определяются при расчетной темп-ре наружного воздуха, по ним устанавливается *тепловая нагрузка*

отопительного прибора или установки в помещении. Текущие Т.п. определяются при более высокой темп-ре наружного воздуха, т.е. являются частью расчетных. Осн. составляющими расчетных Т.п. считаются теплотери через наружные ограждающие конструкции и на нагревание проникающего в помещение воздуха (см. Инфильтрация воздуха через ограждения). Расчетные Т.п. $Q_{\text{отр}}$ через отд. ограждающие конструкции площадью A , м^2 , определяются по ф-ле $Q_{\text{отр}} = kA(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})n(1 + \Sigma\beta)$, где k — коэфф. теплопередачи ограждения, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{С})$, численно равный величине, обратной общему сопротивлению теплопередаче ограждений от внутр. воздуха (темп-ра $t_{\text{в}}$) в наружный (темп-ра $t_{\text{н}}$), характеризует плотность теплового потока на поверхности ограждения при разности темп-ры внутр. и наружного воздуха, равной 1°С ; n — коэфф., учитыв. влияние наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху; β — добавочные потери теплоты в долях осн. потерь, обусловл. ориентацией ограждений по сторонам горизонта, наличием в помещении двух и более наружных стен, поступлением холодного воздуха через часто открываемые наружные двери и ворота. Расчетные Т.п. $Q_{\text{н}}$, Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха находят по ф-ле $Q_{\text{н}} = 0,278 \Sigma G_{\text{ин}}(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})K$, где $\Sigma G_{\text{ин}}$ — расход инфильтрующегося воздуха, $\text{кг}/\text{ч}$, через ограждающие конструкции помещения; c — уд. теплоемкость воздуха, $1 \text{ кДж}/(\text{кг}^\circ\text{С})$; $t_{\text{в}}$ и $t_{\text{н}}$ — расчетная темп-ра воздуха, $^\circ\text{С}$, соответственно в помещении и наружного; K — коэфф., учитыв. влияние встречного теплового потока (напр., 0,8 — для окон с отдельными переплетами).

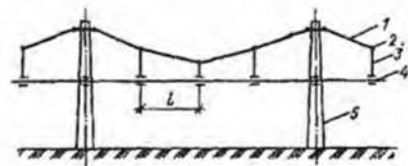
ТЕПЛОПРОВОД — труба, предназначен. в теплоснабжении для передачи теплоносителя (горячей воды или пара) потребителю. Существуют подземный и надземный способы прокладки Т. Подземный — осн. для городов и нас. пунктов, т.к. при нем не загромождается территория, не ухудшается архитектурный облик жилых р-нов, снижаются теплотери за счет теплозащитных свойств грунта. На пром. площадках этот способ применяется при наличии проездов, не насыщ. подземными коммуникациями. Возможно использование для технологич. прокладок единых коллекторов. Промораживание грунта не опасно для Т. Чем меньше глубина заложения тепловой сети, тем меньше объем земляных работ и ниже стоимость ее стр-ва. Подземные тепловые сети чаще всего прокладывают на глубине 0,5—2 м ниже поверхности земли, предпочтительно выше уровня грунтовых вод. При отсутствии такой возможности предусматривают



Типы высоких опор

а — жесткие; б — гибкие; в — качающиеся; 1 — анкерные (неподвижные); 2 — промежуточные; 3 — трубопровод

попутный дренаж для понижения уровня вод в зоне заложения, а для наружных поверхностей строят конструкции и закладных деталей — обмазочную битумную изоляцию. При невозможности устройства попутного дренажа предусматривают оклеечную гидроизоляцию из битумных рулонных материалов с защитными ограждениями на высоту, превышающую макс. уровень грунтовых вод на 0,5 м, или др. эффективную гидроизоляцию. Трассу тепловых сетей в городах и др. нас. пунктах располагают в отвед. для инж. сетей технич. полосах параллельно красным линиям улиц, дорог и проездов вне проезжей части и полосы зеленых насаждений. Внутри микрорайонов и кварталов трассу тепловых сетей предусматривают также вне проезжей части дорог. Заглубление тепловых сетей от поверхности земли или дорожного покрытия принимают, м, не менее: до верха перекрытий каналов и тоннелей — 0,5, до



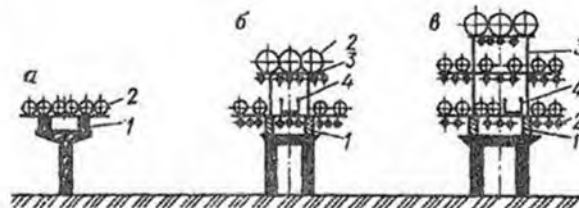
Прокладка трубопроводов малого диаметра на высоких опорах

1 — несущий вант (из круглой стали); 2 — траверса; 3 — подвеска; 4 — трубопровод; 5 — железобетонная стойка

верха перекрытий камер — 0,3, до верха оболочки бесканальной прокладки — 0,7. Строит. конструкции тепловых сетей при подземной прокладке принимают сборными из унифициров. железобет. и бетонных элементов. Каркасы, кронштейны и др. опорные строят. конструкции под теплопроводы в местах, доступных для обслуживания, предусматривают из металла саникорроз. покрытием, а в местах, недоступных для обслуживания, — из сборного и монолитного железобетона. Подземные Т. прокладывают в проходных, полупроходных и непроходных каналах или бесканальным способом. В жилых микрорайонах распределят. сети прокладывают иногда в технич. подпольях (коридорах, тоннелях) зданий, что удешевляет и упрощает их стр-во и эксплуатацию. Конструкция канала полностью разгружает Т. от механич. воздействия массы грунта и временных транспортных нагрузок. Прокладка в каналах обеспечивает свободное перемещение трубопроводов при темп-рных деформациях как в продольном (осевом), так и в поперечном направлениях, что позволяет использовать их самокомпенсирующую способность на угловых участках трассы тепловой сети. Несмотря на гидроизоляцию каналов, естеств. влага, содержащаяся в грунте, проникает через их наружные стенки, испаряется и насыщает воздух. При охлаждении влажного воздуха на перекрытиях и стенках канала скапливается

Сечения эстакад

а — одноуровневое; б — двухуровневое; в — трехуровневое; 1 — продольные балки; 2 — трубопроводы; 3 — надстройка; 4 — настил для прохода и обслуживания



влага. Стекая вниз, она может вызывать увлажнение изоляции. Для сбора влаги дну канала придают поперечный уклон не менее 0,002 в одну сторону, где иногда делают закрытые (плитами, решетками) лотки, по к-рым вода стекает в сборные приемки, а затем в водостоки. В проходных каналах должна быть предусмотрена приточно-вытяжная вентиляция. Прокладка в проходных каналах (тоннелях) обеспечивает пост. доступ обслуживающего персонала к трубопроводам для контроля за их работой и ремонта, что обеспечивает их надежность и долговечность. Однако стоимость прокладки теплопроводов в проходных каналах, имеющих к тому же большие габариты, высокая, поэтому их устраивают при прокладке большого числа труб в одном направлении, напр. на выводах с ТЭЦ.

Находящиеся в эксплуатации полупроходные каналы являются переходной ступенью между проходными и непроходными каналами тепловых сетей, габариты их меньше, чем проходных. Их применяют для двухтрубных тепловых сетей в стесн. условиях местности, на отд. участках, напр. для прокладки теплопроводов под ж.-д. путями, а также под центр. проездами городских улиц с интенсивным уличным движением, где затруднено вскрытие поверхности земли для осмотра и ремонта трубопроводов. Осмотр и ремонт теплопроводов в полупроходных каналах допускаются только при отключении теплоносителя. Проходные и полупроходные каналы проектируют прямоугольной или цилиндрич. формы. Все большее развитие получает бесканальная прокладка теплопроводов.

Надземные Т. применяют на территориях пром. предприятий, на площадках, свободных от застроек, вне пределов города или местях, где они не влияют на архитектурное оформление и не мешают движению транспорта. Надземная Т. прокладка предпочтительна и в р-нах с высоким уровнем грунтовых вод и с сильно пересеч. рельефом местности. Ее преимущества: доступность для осмотра и удобства эксплуатации; потенциальная возможность в кратчайшие сроки обнаружить и ликвидировать аварию; удобство использования более надежных в работе П-образных компенсаторов; отсутствие электро-

коррозии от блуждающих токов и коррозии от агрессивных грунтовых вод; меньшая стоимость сооружения по сравнению со стоимостью подземных прокладок тепловых сетей. Надземную прокладку осуществляют: на отд. стоящих опорах (мачтах); на эстакадах с пролетным строением в виде перегонов, ферм или подвесных (вантовых) конструкций. На территории пром. предприятий междцевые коммуникации иногда прокладывают на кронштейнах, заделанных в стенах здания. Опоры и мачты выполняют железобет. или металлич. Для врем. прокладок применяют дерев. стойки, однако они недолговечны. Пролетные строения эстакад и анкерные стойки (неподвижные опоры), воспринимающие вертик. и горизонт. нагрузки, обычно изготавливают металлич. Осн. вертик. нагрузка от массы труб, теп-

лоносителя, изоляции и небольшая горизонт., возникающая от трения опорных конструкций труб, ложатся на промежуточные стойки.

Для надземной прокладки Т. на свободных от застроек площадках применяют в осн. низкие опоры. В этом случае расстояние в свету от поверхности земли до низа тепловой изоляции Т. должно быть не менее 0,35 м. Высокие опоры по принципу работы подразделяются на жесткие, гибкие и качающиеся. Жесткие представляют собой отд. колонны или рамы, прочно соединен. с фундаментом. При темп-рном удлинении труб они изгибаются от трения опорных конструкций трубы и стойки. Гибкие опоры — стальные стойки жестко заделаны в фундамент, а их верх шарнирно соединен с трубопроводом. При удлинении трубы верх стойки перемещается с нею, отчего в стойке образуется изгиб. Качающиеся высокие опоры состоят из стальной или железобет. стойки, низ к-рой шарнирно соединен с фундаментом, а верх — шарнирно с опирающимся трубопроводом. За счет поворота вокруг нижнего шарнира стойка может свободно передвигаться в горизонт. направлении при перемещении трубопроводов из-за изменения темп-ры. Высоту опор определяют исходя из заданных габаритов для проездов. Их рассчитывают на массу пролета труб, горизонт. осевые и боковые усилия, возникающие от трения теплопроводов на *подвижных опорах*, а также на ветровую нагрузку. При прокладке труб небольшого диаметра на отд. опорах промежуточные опоры создают посредством вантовых растяжек и подвесок. Такая прокладка Т. наиболее экономична, т.к. позволяет значительно увеличить расстояние между мачтами и тем самым уменьшить расход строит. материалов.

Для совместной прокладки тепловых сетей с трубопроводами разл. назначения применяются эстакады. В зависимости от кол-ва одновременно прокладываемых трубопроводов пролетные строения эстакад могут быть одно-, двух- и многоярусными. На нижнем ярусе ближе к краю обычно прокладывают Т. с более высокой темп-рой теплоносителя, обеспечивая тем самым лучшее расположение П-образных компенсаторов, имеющих разные размеры. Теплопроводы больших диаметров обычно опираются непосредственно на стойки эстакад, а малых — на опоры, установленные в пролетном строении. Размещение трубопроводов в поперечном сечении эстакады должно быть таким, чтобы перекося одной стороны (от оси эстакады) не превышал 30% полной нагрузки на ее сечение. При большей протяженности эстакад пролетные строения разделяют темп-рными разрывами на блоки. В пролетных строениях между трубами соору-

жают проходы шириной не менее 0,6 м, с к-рых проводится обслуживание арматуры, теплоизоляции, опор. Эстакады с проходами по всей длине трассы наз. проходными. При небольшом кол-ве труб обслуживание трубопроводов производится с переносных лестниц или площадок, такие эстакады наз. непроходными.

При пересечении водного пространства применяются подводные переходы — проходные тоннели или дюкеры. Первые выполнены сваркой из стальных листов и усилены ребрами жесткости, вторые представляют собой металлич. цилиндр большого диаметра с толстой стенкой, также усилен. ребрами жесткости. Проходные тоннели сооружаются при большом числе прокладываемых инж. сетей и длинных подводных переходах. Такой подводный теплофикационный тоннель общей длиной 176 м был проложен в подводной траншее глубиной 7,5 м от поверхности Москвы-реки для передачи через нее горячей воды и пара от ТЭЦ-12. Его стальной цилиндр имеет диаметр 2500 мм, толщину стенки 12 и 16 мм, ребра жесткости через каждые 3 м. Масса стальной оболочки с противокорроз. покрытием 160, чугунных пригрузов 744 т. В тоннеле размещены два теплопровода, два паропровода и конденсатопровод диаметрами соответственно 500, 400 и 200 мм. Тоннель доступен для обслуживания и ремонта теплопроводов, оборудован приточно-вытяжной вентиляцией, рассчит. на поддержание внутр. темп-ры воздуха 40°C при норм. режиме эксплуатации и 30°C при осмотре и ремонтных работах. Бетонный блок в середине тоннеля фиксирует направление его темп-рных деформаций. Дюкеры применяются при пересечении тепловыми сетями и др. коммуникациями рек. Дюкер — сложный инж. комплекс. Погружается на дно на заранее подготовленное гравийное ложе посредством заполнения водой его внутр. пространства. Дополнительно пригружается чугунными или железобет. грузами, не позволяющими ему всплыть после откачки воды. Обслуживание дюкеров производится из береговых камер. В 70-гг. дюкеры проложены через р. Витим и Волгу и через Волго-Донское водохранилище. Т., проложенные в дюкерах, менее надежны в работе, чем те, что пересекают водоемы в проходных тоннелях, т.к. их невозможно осмотреть и в случае необходимости произвести ремонт.

ТЕПЛОПРОВОД СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ — один из осн. конструктивных элементов *центрального отопления* — труба или канал, предназначен. для подачи *теплоносителя* с запасом *теплоты* (подающий *теплопровод*) для *отопления* здания или его части, группы помещений или отд. помещения, а также для отведения отдавшего теплоту тепло-

носителя (обратный теплопровод). В наиболее распространен. центральных системах *водяного* и *парового отопления* Т.с.о. подразделяются на *магистраль*, *стояки*, *ветви системы отопления*, *подводки к отопительным приборам*. Диаметр Т.с.о. определяют в зависимости от его *тепловой нагрузки*.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ УРАВНЕНИЕ — 1) дифференциальное уравнение, в частных производных описывающее непрерывный процесс распространения *теплоты* в среде. Совместно с начальными и граничными условиями служит для расчета темп-рных полей в ограждениях зданий и элементах инж. оборудования. Чаще всего используется в одномерной постановке (с изменением темп-ры t во времени z только в одном направлении x): $\partial t / \partial z = a \partial^2 t / \partial x^2$, где a — коэфф. температуропроводности, м²/с.

2) Уравнение в конечных разностях, заменяющее непрерывный процесс теплопроводности дискретными изменениями параметров в отд. точках: $\Delta_z t / \Delta z = a \Delta_x^2 t / (\Delta x)^2$, где $\Delta_z t$ — изменение во времени темп-ры в центре элементарного слоя толщиной Δx ; Δz — выбранный интервал времени; $\Delta_x^2 t$ — вторая конечная разность темп-р между элементарными слоями по координате (разность разностей). Т.у. в конечных разностях является приближенным. Используется при расчете с помощью ЭВМ темп-рных полей методами сеток, аналогий.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ — один из видов *теплопередачи* в неравновесно нагретой неподвижной среде вследствие теплового движения и энергетич. взаимодействия между микрочастицами. В газах перенос теплоты Т. происходит путем столкновения и диффузии молекул, в металлах — в осн. электронами проводимости, в диэлектриках и жидкостях — колебаниями кристаллич. решеток. В классич. теории Т. игнорируют молекулярным строением в-ва и рассматривают его как сплошную среду (континуум), к к-рой применимы положения и законы, установленные из опыта, показывающего, что передача теплоты Т. происходит по кратчайшему пути (нормали) к изотермич. поверхности от более нагретых участков к менее нагретым. Для изотропной среды справедлив закон Фурье, согласно к-рому вектор плотности теплового потока пропорционален и противоположен градиенту темп-ры. Последний также является вектором, направл. в сторону возрастания темп-ры. Его составляющие по осям координат равны соответствующим частным производным и находятся в прямой зависимости от характера распределения темп-р. Выявление темп-рного поля

и темп-ных градиентов в каждой точке исследуемого пространства в любой момент времени является основной задачей теории Т. В простейшем случае одномерного стационарного темп-ного поля в однородной стенке толщиной δ с плоскими изотермич. границами закон Фурье имеет вид $q = \Pi_T \Delta t$, где q — плотность теплового потока, Вт/м²; Δt — разность темп-р на поверхностях стенки, К; $\Pi_T = \lambda / \delta$ — показатель проводимости теплоты Т., Вт/(м²·К) [здесь λ — Т. материала стенки, Вт/(м²·К). См. также *Теплофизические характеристики материалов*].

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ — обеспечение *теплотой* потребителей, осуществляемое *системой теплоснабжения*. Теплота передается с помощью *теплоносителей*, в качестве к-рых используют горячую воду или водяной пар. Системы, транспортирующие и распределяющие горячую воду, наз. *водяными*. Если теплота передается с помощью водяного пара, система теплоснабжения наз. *паровой*. Теплоносители с требуемыми параметрами (темп-рой и давлением) получают на *источниках теплоты систем теплоснабжения*, где теплота сгорания органич. топлива трансформируется в энтальпию теплоносителя. Для его нагрева на источниках теплоты могут быть использованы: теплота, выделяемая при ядерных реакциях расщепления в реакторах на атомных станциях; тепло Земли (*геотермальная вода*); тепло Солнца; *вторичные энергетические ресурсы* пром. предприятий. Однако преобладающая часть источников теплоты использует органич. топливо.

Под Т. жилых, коммун. и обществ. зданий понимаются подача и распределение теплоты с целью *отопления, вентиляции* и горячего водоснабжения, а под Т. пром. потребителей — также подача и распределение пара (реже горячей воды) по теплоизолирующим установкам. Подача горячей воды и пара осуществляется с учетом режимов работы потребителей теплоты, что обеспечивается и контролируется автоматикой (См. *Автоматизация подпитки, Автоматизация систем теплоснабжения, Автоматизация тепловых пунктов, Автоматическое включение резерва*). Удовлетворить теплотой перечисл. потребителей могут *централизованные системы теплоснабжения*, имеющие источник теплоты, и *тепловые сети*, по к-рым теплоноситель транспортируется к разл. объектам, установкам и подсистемам. Децентрализов. системы могут выполнять лишь отд. задачи: отопление зданий, горячее водоснабжение, обеспечение теплом мелких установок. Централизов. системы,

осуществляющие комбиниров. выработку электрич. и тепловой энергией, наз. *теплогидроэнергетическими системами*. Теплофикация обеспечивает существ. сокращение расхода топлива на электро- и Т. городов, что имеет не только экономич., но и весьма важное экологич. значение. Эколог. эффект централизов. теплоснабжения проявляется особенно в городах с разноразной застройкой. Это объясняется сложностью отвода продуктов сгорания от большого числа *котельных установок*, располагаемых в зданиях, при децентрализов. Т. Поэтому преимуществ. областью децентрализов. Т. являются малоэтажная застройка и сельские поселки.

ТЕПЛОСЧЕТЧИК — устройство для измерения кол-ва тепловой энергии, отпущенной *источником теплоты системы теплоснабжения* или использов. потребителем. Принцип действия Т. основан на реализации математич. зависимости, связывающей кол-во теплоты с объемным расходом и разностью энтальпий *теплоносителя* в подающем и обратном *трубопроводах* при соответствующих темп-рах. Т. состоит из измерителя расхода проходящего теплоносителя с преобразователем, двух датчиков темп-ры и вычислителя с отсчетным устройством. В качестве измерителя расхода могут применяться водосчетчики с дистанц. выходом, дифференц. манометры с измерит. диафрагмой, ультразвуковые или индукц. расходомеры; в качестве датчиков темп-ры — термопреобразователи сопротивления. Измерители кол-ва теплоты представляют собой счетные устройства электронного типа. По принципу действия такая конструкция Т. относится к однопоточным двухточечным приборам учета теплоты и применяется при условии равенства расходов теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах. Если это условие не выполняется, как, напр., в *открытых системах теплоснабжения*, то для учета теплоты следует применять двухпоточные трехточечные приборы, а при отсутствии — 2 однопоточных двухточечных прибора.

Т. обеспечивает также возможность передачи показаний о мгновенном расходе тепловой энергии в виде унифицированного сигнала в информац.-измерит. системы (АСУ).

ТЕПЛОТА, количество теплоты — энергетич. хар-ка процесса аккумуляции и *теплообмена*, определяемая кол-вом энергии, к-рое получает (отдает) тело в процессе теплоаккумуляции. В отличие от внутр. энергии Т. — функция процесса: кол-во сообщенной телу Т. зависит не только от того, каковы начальное и конечное состояния тела, но и от вида процесса. Элементарное кол-во Т., сооб-

щаемой телу в однофазном агрегатном состоянии, — $dQ = CdT$, где C — теплоемкость тела в рассматриваемом процессе; dT — малое изменение темп-ры тела.

ТЕПЛОТА ПЛАВЛЕНИЯ — кол-во *теплоты*, выделяющейся при полном сгорании топлива; измеряется в джоулях. Т.с., отнесенная к единице массы или объема топлива, наз. *удельной теплотой сгорания*. Т.с. — важнейший показатель практич. ценности топлива. Кол-во теплоты, выделяющейся при сгорании топлива, зависит от его состава. Различают низшую и высшую Т.с. Вода, содержащаяся в топливе и образующаяся при сгорании водорода топлива, переходит в продукты сгорания в парообразном виде. Если пар из продуктов сгорания конденсируется, то кол-во выделившейся теплоты характеризуется высшей Т.с. Q^B . Если пар не конденсируется, то Т.с. называется низшей Т.с. Q^H . Низшая и высшая Т.с. связана след. зависимостью: $Q^B = Q^H - k(W + 9H)$, где W — кол-во воды в топливе, мас. %; H — кол-во водорода в топливе, мас. %; k — коэфф., равный 25 кДж/кг. В нашей стране, ФРГ и др. странах тепловые расчеты обычно ведут по низшей Т.с.; в США, Великобритании, Франции — по высшей. Т.с. может быть отнесена к рабочей массе топлива Q_R , т.е. к топливу в том виде, в каком оно поступает к потребителю; к сухой массе топлива Q_S ; к горючей массе топлива Q_G , т.е. к топливу, не содержащему влаги и золы. Для приближ. подсчетов Т.с. определяют по эмпирич. формулам; напр. Т.с. твердых и жидких видов топлива вычисляют по формуле Д.И. Менделеева, кДж/кг,

$$Q_R = 81C_p + 300H_p - 26(O_p - S_p^{21}) - 6(9H_p + W_p),$$

где C_p , H_p , O_p , S_p^{21} , W_p — содержание в рабочей массе топлива углерода, водорода, кислорода, летучей серы и влаги, мас. %.

Для сравнительных расчетов используют т.н. *условное топливо*.

ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ МАТЕРИАЛА — его свойство сопротивляться темп-ным изменениям, когда периодически меняется тепловой поток на поверхности бесконечно толстого слоя этого материала. Хар-кой Т.м. является *коэффициент теплоусвоения материала*.

ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ ОГРАЖДЕНИЯ — свойство ограждения сохранять отнесен. постоянство темп-ры при периодич. изменении тепловых воз-

действий со стороны наружной и внутренней сред помещения. Во-первых, рассматривается сквозное проникание *тепловой (температурной) волны* от наружной среды к внутр. поверхности конструкции. Т.о. в данном случае проявляется в том, что по мере прохождения волны амплитуды колебаний темп-ры и теплового потока уменьшаются, а фазовые углы гармоник все более увеличиваются, т.е. колебания темп-ры в каждом последующем по ходу волны сечении отстают во времени от колебаний в предыдущем. Хар-ками этого процесса являются *затухание и запаздывание* во времени тепловой волны. Чем они больше, тем меньше колебания темп-ры и теплового потока на внутр. поверхности ограждения.

При конструировании наружного ограждения предусмотрена проверка его теплоустойчивости по отношению к сквозному прониканию наружных тепловых воздействий в расчетных условиях теплового периода, когда предполагаются установившиеся на длит. время ясные безоблачные дни. Расчетной кривой изменения наружной темп-ры является правильное гармонич. колебание условной темп-ры наружной среды с амплитудой, определяемой как сумма амплитуд темп-ры наружного воздуха и эквивалентной темп-ры солнечного облучения. При этом в качестве амплитуды темп-ры наружного воздуха принимают половину макс. суточного размаха темп-ры в июле, а амплитуду эквивалентной темп-ры солнечного облучения рассчитывают исходя из разности макс. и среднего значений суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации, приходящейся в июле на вертикал. ограждение западной ориентации (для стен) или на горизонт. ограждение (для покрытий).

В р-нах со среднемесячной темп-рой июля 21°C и выше в жилых домах, лечебных и детских дошкольных учреждениях, домах для престарелых и инвалидов, в производств. зданиях, где должны соблюдаться оптим. нормы темп-ры и относит. влажности воздуха, амплитуда колебаний темп-ры внутренней поверхности (наружных стен с *тепловой инерцией ограждения* $D < 4$ и покрытий с $D < 5$) не должна превышать нормативную, иметь макс. значение $2,5^{\circ}\text{C}$ и уменьшаться для р-нов со средней темп-рой июля более 21°C .

Оценка теплоустойчивости по отношению к сквозному прониканию тепловых волн важна также для определения тепловой нагрузки на системы *вентиляции и кондиционирования воздуха* за счет *теплопередачи* суточных колебаний темп-ры наружного воздуха и интенсивности солнечного облучения наружной поверхности ограждения. Учет теплоустойчивости позволяет сделать расчет нестационарного теплового режима ограждения и обоснованно снизить расчетную нагрузку по

сравнению с полученной из расчета *теплопередачи стационарной* при макс. за сутки значениях темп-ры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации.

При тепловых воздействиях, направленных из помещения, интерес представляет колебание темп-ры на внутр. поверхности стенки. Т.о. по отношению к внутр. воздействиям проявляется в том, что при гармонич. поступлении теплового потока на поверхность ограждения темп-ра этой поверхности изменяется также гармонически, но с нек-рым отставанием от гармоники теплового потока. Половину периода теплота передается от нагретой поверхности и глубь ограждения, т.е. аккумулируется им, а вторую половину поверхность отдает аккумулиров. теплоту. Хар-кой теплоустойчивости ограждения в этом процессе является *коэффициент теплоусвоения поверхности ограждения U*. Чем больше коэфф. теплоусвоения U , тем меньше колебания темп-ры на его внутр. поверхности.

ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ ПОМЕЩЕНИЯ — его свойство поддерживать относит. постоянство темп-ры при изменении теплового воздействия на него. Различают Т.п. по отношению к периодич. изменениям наружных и внутр. тепловых воздействий. По отношению к первым Т.п. целиком зависит от теплоустойчивости его наружных ограждений, в частности от *затухания и запаздывания тепловой (температурной) волны* в них. Через наружные ограждения проникают колебания тепловых потоков от среды, формирующиеся за счет колебаний темп-ры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации. Чем больше теплоустойчивость (т.е. чем больше затухание тепловых волн) наружных ограждений, тем с меньшей амплитудой изменяются теплоступления, проникающие через эти ограждения. Амплитуду колебаний теплоступлений в помещение через последние можно считать векторной суммой колебаний теплоступлений через каждое наружное ограждение (т.е. при суммировании учитывается несовпадение во времени отд. слагаемых).

Т.п. по отношению к внутр. тепловым воздействиям проявляется в реакции на периодич. изменения тепловых потоков внутри помещения. Такими изменяющимися тепловыми потоками являются, напр., теплоступления от некрутосточно работающих технологич. оборудований, освещения, *систем кондиционирования микроклимата*, периодически пребывающих в помещении людей, солнечной радиации, проникающей через лучепрозрачные ограждения, а также теплоступления через наружные ограждения за счет *теплопередачи* и т.д.

Осн. хар-ками Т.п. в этом случае являются *показатель теплоусвоения помещения $U_{\text{п}}$ и показатель теплопоглощения помещения $P_{\text{п}}$* . Чем больше Т.п. по отношению к внутр. тепловым воздействиям (т.е. чем больше $U_{\text{п}}$ и $P_{\text{п}}$), тем меньше амплитуды колебаний темп-ры воздуха $A_{\text{т.в}}$ и поверхностей, обращенных в помещение (ограждений, мебели, оборудования): $A_{\text{т.ос.}} A_{\text{т.в}} = A_{\text{Q}}/P_{\text{п}}$; $A_{\text{т.в}} = A_{\text{Q}}/U_{\text{п}}$, где A_{Q} — амплитуда колебаний теплового потока внутри помещения. Метод *теоретической теплоустойчивости* позволяет рассчитать вклад отд. теплоступлений в суммарное значение $A_{\text{т.в}}$ и $A_{\text{т.ос.}}$.

Для сокращения нагрузок на системы поддержания микроклимата в разл. условиях в большинстве случаев желательна высокая теплоустойчивость наружных ограждений по отношению к внешн. тепловым воздействиям. Чтобы уменьшить колебания темп-ры воздуха и поверхностей помещения и тем срезать пики тепловых нагрузок на системы кондиционирования микроклимата, желательна высокая теплоустойчивость по отношению к внутр. тепловым воздействиям. В отд. случаях увеличение теплоустойчивости по отношению к колебаниям внутр. теплоступлений (в совокупности с др. мероприятиями) позволяет сократить установленную мощность систем в 1,5—2 раза. Напр., в жарком континент. климате при подаче прохладного ночного воздуха настилающимися струями на теплоустойчивые стены и потолки внутр. слои этих ограждений активно охлаждаются. Днем значит. часть теплоступлений нейтрализуется возвратом аккумулированного в ограждениях холода ночного воздуха.

Для зданий, функционирующих только в дневное время (магазины, спорт. сооружения, административные, учебные и т.п. здания), снижения расходов *теплоты на отопление* можно достичь, применяя периодич. режим его работы. В рабочее время в помещениях этих зданий поддерживается нормируемая темп-ра, а в нерабочее — *система отопления* выключается полностью или частично. В результате темп-ра воздуха и ограждений снижается. Перед нач. след. рабочего дня необходимо разогреть помещение. Чем больше Т.п. по отношению к внутр. тепловым воздействиям, тем продолжительнее и мощнее должен быть разогрев и тем меньше экономия теплоты. Поэтому при периодич. отоплении зданий рекомендуется низкая теплоустойчивость помещения по отношению к внутр. воздействиям. Напр., отделка внутр. поверхностей ограждений легкими материалами (акрилановые потолки, ковровые полы и т.п.) позволит помещению быстрее нагреваться перед рабочим днем при меньших

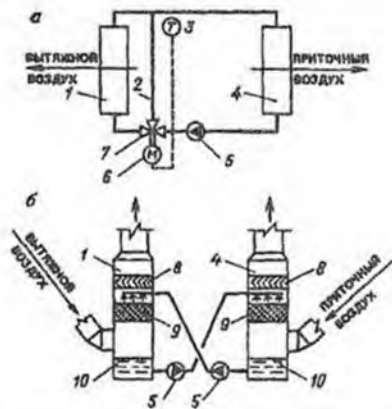
затратах теплоты. В то же время сохраняется требование высокой теплоустойчивости ограждений по отношению к наружным воздействиям, к-рая предотвратит резкое остывание помещения при внезапном похолодании.

Поступления лучистой и конвективной теплоты в помещение вызывает разл. колебания темп-ры воздуха и внутр. поверхностей ограждений. При колебаниях конвективного теплового потока амплитуда темп-ры воздуха $\Delta t_{\text{в}}$ будет больше амплитуды темп-ры поверхностей $\Delta t_{\text{ос}}$, при колебаниях теплопоступлений от излучающего источника (напр., от солнечной радиации, проникающей через окна), наоборот, $\Delta t_{\text{ос}} > \Delta t_{\text{в}}$. При кондиционировании темп-ра воздуха поддерживается постоянной. Теплота отводится из помещения путем конвекции. Если возмущающим тепловой режим помещения является лучистый поток, то система кондиционирования воздуха должна ассимилировать конвекцией тепловой поток, амплитуда к-рого в $(\gamma_{\text{н}}/\Lambda + 1)$ раз меньше, чем возмущающего лучистого (здесь $\Lambda = \sum \alpha_k A$, т.е. сумме произведений коэфф. конвективного теплообмена α_k и площадей A поверхностей, обращенных в помещении).

ТЕПЛОУТИЛИЗАТОР С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ —

устройство, передающее теплоту от источника к потребителю с помощью промежуточного рабочего тела — жидкости, циркулирующей в замкнутом контуре, состоящем из циркуляционного насоса, трубопроводов и теплообменных аппаратов, размещенных в нагреваемой и охлаждаемой средах. Такие теплоутилизаторы получили широкое распространение, поскольку позволяют применять любые теплообменники и циркуляц. насосы общепромышл. назначения при значит. расстояниях между источниками и потребителями теплоты. Этот принцип используют в разветвл. системах теплоутилизации, включающих неск. источников и потребителей теплоты с разл. хар-ками.

При утилизации теплоты вытяжного воздуха для нагревания приточного воздуха могут применяться теплообменники рекуперативного или контактного типа. Возможны также установки смеш. типа, когда один теплообменник рекуперативного, а др. контактного типа. Промежуточный теплоноситель должен быть безвредным, дешевым, иметь темп-ру замерзания ниже миним. темп-ры в расчетном режиме и не вызывать большой коррозии материалов трубопроводов и теплообменников. При темп-ре теплоносителя в расчетном режиме до 5°C применяют воду, при темп-рах ниже 5°C — растворы со-



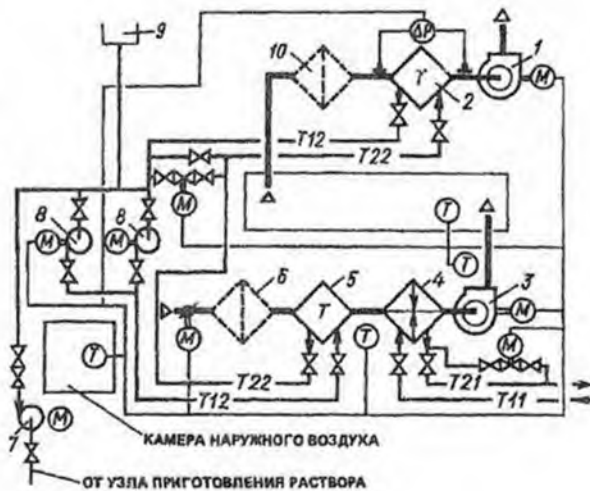
Теплоутилизатор с промежуточным теплоносителем

а — рекуперативного типа; б — контактного типа; 1, 4 — теплообменники в канале вытяжного и приточного воздуха; 2 — обводная линия (байпас); 3 — датчик регулятора температуры; 5 — циркуляц. насос; 6 — терморегулятор; 7 — трехходовый регулирующий клапан; 8 — сепаратор (капиллярловитель); 9 — орошаемая насадка; 10 — бак с водой

лей и гликолей. При охлаждении вытяжного воздуха ниже темп-ры точки росы возможно образование конденсата, а при более низких темп-рах и обледенение части теплообменной поверхности. В этом случае для удаления конденсата предусматривают одну из след. мер: байпас по

Технологическая схема нагревания приточного воздуха в теплоутилизаторах с промежуточным теплоносителем

1 — вентилятор вытяжной; 2 — рекуператор водовоздушный в канале вытяжного воздуха; 3 — вентилятор приточный; 4 — дополнит. воздухонагреватель; 5 — рекуператор водовоздушный в канале приточного воздуха; 6, 10 — фильтры в канале вытяжного и приточного воздуха; 7 — подпиточный насос; 8 — циркуляц. насос; 9 — расширит. бак; Т — датчик температуры; ΔP — датчик перепада; М — привод вентиляторов, насосов и регулирующих клапанов; Т11, Т21 — трубопроводы горячей и обратной воды сети теплоснабжения; Т12, Т22 — то же, для промежут. теплоносителя



теплоносителю или приточному воздуху, увеличение расхода теплоносителя в циркуляц. контуре, предварит. подогрев промежуточного теплоносителя или приточного воздуха в дополнит. водо- или воздухоподогревателе. В одной из возможных технологич. схем утилизации теплоты вытяжного воздуха для борьбы с обледенением увеличивают расход промежуточ-

ного теплоносителя при включении второго параллельно установл. циркуляц. насоса от датчиков перепада давления, измеряющих разность давления до и после теплообменника в канале вытяжного воздуха. Очистка вытяжного и приточного воздуха, а также его дополнит. подогрев после теплоутилизатора осуществляются обычными способами. Темп-ру приточного воздуха можно регулировать изменением расхода промежуточного воздуха или его дополнит. подогревом до или после теплоутилизатора, байпасированием по приточному или вытяжному воздуху либо обычным способом при наличии дополнит. воздухонагревателя после теплоутилизатора.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ —

показатели, характеризующие интенсивность теплообменных процессов в материалах. К осн. показателям относятся: теплопроводность и теплоемкость. Теплопроводность λ , Вт/($\text{м}^{\circ}\text{C}$), численно характеризуется плотностью теплового потока, проходящего через однородную стенку толщиной 1 м при темп-рном градиенте, равном 1 $^{\circ}\text{C}$. Для строит. и теплоизоляц. материалов находится в пределах 0,03—3 Вт/($\text{м}^{\circ}\text{C}$). Наименьшее значение теплопроводности имеет воздух [0,025—0,028 Вт/($\text{м}^{\circ}\text{C}$)], наибольшее — металлы. С увеличением пористости сухого материала его тепло-

проводность снижается. При значит. увеличении пористости усиливается конвективный теплообмен в порах и снижение теплопроводности замедляется, а при сквозных сообщающихся порах возможно его повышение. С увеличением влажности материалов воздух в порах вытесняется более теплопроводной влагой и теплопроводность повышается. Влаж-

ность материала зависит от его сорби. способности и условий эксплуатации. В зависимости от влажностного режима помещений и влажностной зоны места стр-ва различны условия эксплуатации. Соответствующие им значения равновесной массовой влажности и теплопроводности материалов указываются в нормативах, где они приведены при нулевой темп-ре материалов. С повышением темп-ры усиливаются все виды теплообмена и теплопроводность увеличивается. Особенно заметно повышение λ для пористых материалов. При отсутствии эксперимент. данных можно воспользоваться ф-лой $\lambda_t = \lambda_0(1 + \beta t)$, где λ_0 — теплопроводность при 0°C ; t — средняя темп-ра материала в конструкции, $^\circ\text{C}$; β — коэфф., принимаемый для большинства материалов равным 0,0025.

Объемная теплоемкость c_p , Дж/($\text{м}^3\text{K}$), равна произведению массовой уд. теплоемкости c , Дж/(кг K), на плотность материала ρ , кг/ м^3 , и характеризует его теплоинерц. свойства. Среди обычных материалов и сред наибольшей уд. теплоемкостью обладает вода, наименьшей — металлы. С увеличением влажности материала его теплоемкость возрастает.

Используемые в расчетах *теплопередачи нестационарной* показатели температуропроводности, тепловой активности, теплоусвоения и др. являются производными от основных. Коэфф. температуропроводности $a = \lambda / c \rho$, $\text{м}^2/\text{с}$, характеризует скорость изменения энthalпии материала и используется для расчета темп-рных полей в *переходных процессах теплопередачи* и процессах *непрерывного нагрева (охлаждения) тел*. Показатель тепловой активности $\varepsilon = \sqrt{\lambda c \rho}$, Дж/($\text{м}^2\text{K}^{1/2}$), наз. также коэфф. аккумуляции теплоты, наиболее удобен в расчетах контактной теплопроводности. Отношение показателей тепловой активности двух полугорнич. тел, приведенных в соприкосновение, позволяет сразу выявить темп-ру в плоскости контакта, к-рая затем поддерживается постоянной в течение всего нестационарного процесса. Коэфф. теплоусвоения $s = \sqrt{2\pi\lambda c \rho / T}$, Вт/($\text{м}^2\text{K}$) [где T — период колебаний, с], используется в расчетах *периодических процессов нестационарной теплопередачи*.

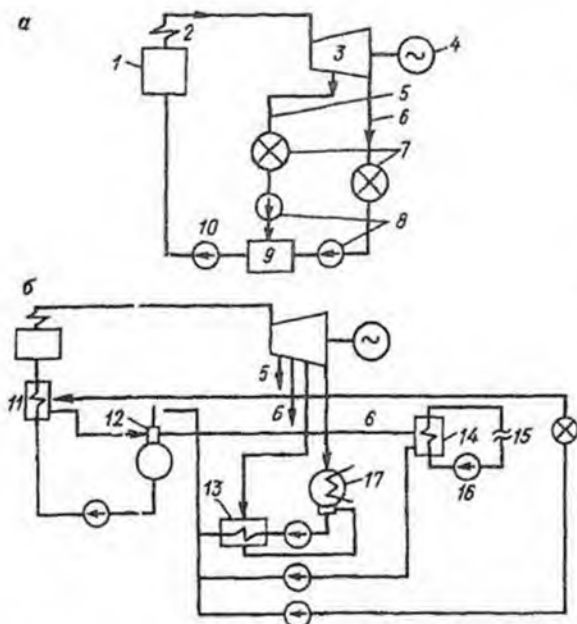
ТЕПЛОФИКАЦИОННЫЙ КОТЕЛ — котлоагрегат ТЭЦ, обеспечивающий одновременное снабжение паром теплофикац. турбин и произ-во пара или горячей воды для технологич., отопит. и др. нужд. В отличие от котлов конденсац. электростанций в качестве *питательной воды* для Т.к. обычно используют возвращаемый загрязн. конденсат. Для таких условий работы наиболее пригодны бара-

банные котлоагрегаты со ступенчатым испарением, с помощью к-рых можно получить чистый пар при сравнительно небольшой продувке котла. Для установл. на ТЭЦ Т.к. с преобладающими отопит. нагрузками характерно различие сезонных (зимних и летних) режимов работы, что затрудняет пост. работу Т.к. на оптим. режимах. Поэтому на большинстве ТЭЦ Т.к. имеют поперечные связи по пару и воде. В нашей стране на ТЭЦ наиболее распространены *барабанные котлы* паропроиз-стью 420 т/ч и выше, давлением пара 14 МПа, темп-рой 560°C . С 70-х гг. на мощных ТЭЦ с преобладающими отопит. нагрузками при возврате почти всего конденсата в чистом виде применяют моноблоки с прямоточными котлами. К Т.к. можно отнести и пиковые водогрейные котлоагрегаты, к-рые используют для дополнит. подогрева воды при повышении тепловой нагрузки сверх наибольшей, обеспечиваемой отборами турбин. При этом вода нагревается сначала паром в водоподогревателях до 120°C , а затем до 150 — 170°C в котлах, к-рые обычно устанавливают рядом с гл. корпусом ТЭЦ; в случае задержки сооружения ТЭЦ водогрейные Т.к. используют для временного обслуживания р-на вместо квартальных котельных. Применение сравнит. дешевых пиковых водогрейных Т.к. для снятия кратковрем. пика тепловых нагрузок позволяет резко увеличить время использования осн. теплофикац. оборудования и повысить экономичность его эксплуатации.

ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЬ (ТЭЦ) — тепловая электростанция, вырабатывающая электрич. энергию и *теплоту*, отпускаемую потребителям в виде *пара* и *горячей воды*. Использование отработ. теплоты паровой турбины является отличит. особенностью ТЭЦ и наз. теплофикация. Комбиниров. произ-во энергии двух видов способствует более экономичному использованию топлива по сравнению с его использованием при раздельной выработке электроэнергии на конденсац. электростанциях (ГРЭС) и тепловой энергии в *котельных установках*. Замена мелких *котельных* централизованной системой *теплоснабжения* способствует экономии топлива, снижению загрязнения воздушного бассейна, улучшению сан. обстановки.

Исходный источник энергии на ТЭЦ — органич. топливо (на паротурбинных и газотурбинных ТЭЦ) либо расщепляющееся (ядерное) топливо (на АТЭЦ). Наиболее распространены паротурбинные ТЭЦ. Различают ТЭЦ пром. типа — для снабжения теплотой предприятий и отопит. типа — для обогрева и снабжения горячей водой жилых обществ. зданий. Отопление от ТЭЦ эко-

номичнее, чем от индивид. и даже централизов. котельных, т.к. на ТЭЦ сетевая вода подогревается отработавшим паром, темп-ра к-рого немногим выше темп-ры сетевой воды. Теплота от пром. ТЭЦ передается на расстояние неск. км (преимущественно паром), от отопит. — до 20—30 км (горячей водой). Осн. оборудование паротурбинных ТЭЦ — турбоагрегаты, преобразующие энергию рабочего тела (пара) в электрич. энергию, и *котлоагрегаты*, вырабатывающие пар для турбин. В состав турбоагрегата входят паровая турбина и синхронный генератор. Паровые турбины, используемые на ТЭЦ, наз. теплофикационными. Отобр. пар используется для производ. и отопит. нужд потребителей, для совств. нужд ТЭС (на подогрев *питательной воды*, ее термич. дегазацию в *деаэраторах*, питание эжекционных установок, конденсаторов и т.д.). Место отбора (ступень теплофикац. паровой турбины) выбирают в зависимости от требуемых параметров пара. Отработ. теплоту теплофикац. турбины с противодавлением используют полностью для нужд произ-ва или отопит. системы. Однако электрич. мощность, развиваемая такими турбинами, зависит от тепловой нагрузки, и при отсутствии последней (напр., в летнее время на отопит. ТЭЦ) они не вырабатывают электрич. мощности. Поэтому турбины с противодавлением применяют при достаточном равномерной тепловой нагрузке, обеспеч. на все время действия ТЭЦ (т.е. преимущественно на пром. ТЭЦ). Работают они обычно параллельно с конденсац. теплофикац. паровой турбиной. У теплофикац. турбины с конденсацией и отбором (или отборами) пара для снабжения теплотой потребителей используется лишь пар отборов, а теплота конденсац. потока пара отдается охлаждающей воде и теряется. Для сокращения потерь теплоты такие турбины большую часть времени должны работать по "тепловому" графику, т.е. с миним. пропуском пара в конденсатор. Паровые турбины с конденсацией и отбором пара получили преимущественное распространение на ТЭЦ как универсальные по возможным режимам работы. Их использование позволяет регулировать тепловую и электрич. нагрузки практически независимо одна от др.; в частном случае при пониж. тепловых нагрузках или при их отсутствии ТЭЦ может работать по "электрическому" графику с необходимой полной или почти полной электрич. мощностью. Электрич. мощность теплофикац. турбин в отличие от конденсац. выбирается по заданной шкале мощностей, а по кол-ву расходуемого или свежего пара. Именно по этому параметру унифицированы крупные теплофикац. турбоагрегаты. Тепловая нагрузка на отопит. ТЭЦ в течение года неравномерна. Для снижения затрат на осн. энергетич. оборудование часть теплоты (40—50%) в периоды повыш. нагрузки подают



Простейшие схемы теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) с различными турбинами и схемами отпуска пара

а — турбина с противодавлением и отбором пара, отпуск тепла по открытой схеме; б — конденсационная турбина с отбором пара, отпуск тепла по открытой и закрытой схемам; 1 — паровой котел; 2 — пароперегреватель; 3 — паровая турбина; 4 — электрический генератор; 5 — регулируемый производительный отбор пара на технологические нужды промышленности; 6 — регулируемый теплофикационный отбор на отопление; 7 — тепловой потребитель; 8 — конденсатный насос; 9 — бак питательной воды; 10 — питательный насос; 11 — подогреватель высокого давления; 12 — деаэратор; 13 — подогреватель низкого давления; 14 — сетевой подогреватель; 15 — отопительная нагрузка; 16 — сетевой насос; 17 — конденсатор

потребителям от пиковых водогрейных котлов. Долою теплоты, отпускаемой осн. энергетич. оборудованием при наибольшей нагрузке, определяет коэфф. теплофикации ТЭЦ. Подобным же образом можно покрывать пики тепловой (паровой) пром. нагрузки пиковыми паровыми котлами среднего давления. Теплота может отпущаться по двум схемам: при открытой — пар от турбин направляют непосредственно к потребителям; при закрытой — теплоту к теплоносителю подводят через теплообменники. Выбор схемы в значит. мере определяется водным режимом ТЭЦ.

На ТЭЦ используют твердое, жидкое котельное или газообразное топливо. Вследствие близости ТЭЦ к нас. пунктам на них стремятся применять мазут и особенно газ, менее загрязняющие атмосферу выбросами. ТЭЦ обычно отстоят от источников водоснабжения на значит. расстояниях, поэтому на большинстве из них применяют оборотную систему водоснабжения с искусств. охладителями — градирнями. Прямочное водоснабжение на ТЭЦ встречается редко. В качестве ТЭЦ могут работать также газотурбинные (для привода электрич. генераторов используют газовые турбины), парогазовые (оснащ. паротурбинными и газотурбинными агрегатами) электростанции и АЭС. В нашей стране ТЭЦ — основное производственное звено в системе централиз. теплоснабжения.

ТЕРМИЧЕСКАЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ — комплекс способов очистки газов или воздуха от горючих примесей, осн. на высокотемп. сжигании их за счет окисления. Применяется для очистки газов от легко-

окисляемых токсичных, а также дурно пахнущих в-в. Преимущества методов прямого сжигания: простота аппаратуры и универсальность использования (на работу термич. нейтрализаторов мало влияет состав обрабатываемых газов). Эти методы применимы для очистки любых газов и паров, продукты сжигания к-рых менее токсичны, чем исходные в-ва. Их используют при концентрации горючих в-в в очищаемых газах, не выходящей за пределы воспламенения.

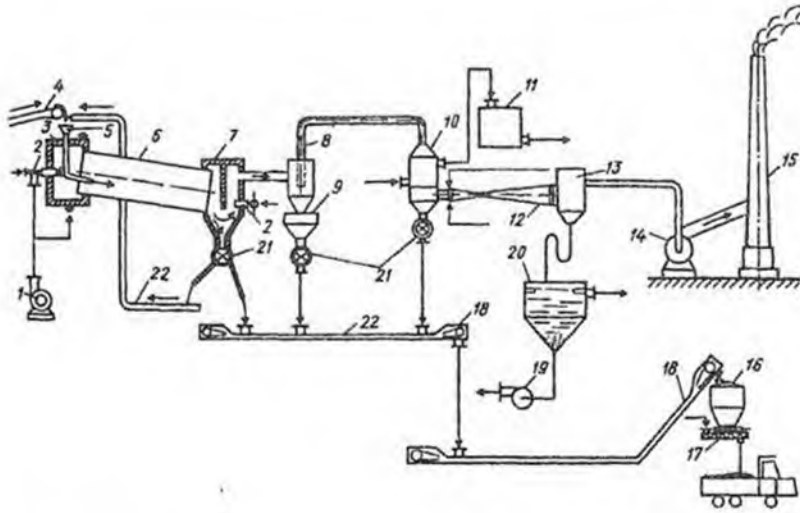
Горючие примеси сжигают в термич. нейтрализаторах газовых выбросов, к-рые подразделяют на: камерные печи; печи с использованием циклонного принципа смешивания газов; печи со струйным смешиванием газов; системы очистки выбросов в технологич. топках; регенеративные установки термич. нейтрализации; комбиниров. установки нейтрализации; открытые факелы. Конструкция нейтрализатора должна обеспечивать необходимое время пребывания в нем (обычно 0,1—0,5 с, иногда до 1 с) обрабатываемых газов при темп-ре, гарантирующей возможность достижения заданной нейтрализации; рабочая темп-ра ориентирована на нижний предел самовоспламенения нейтрализуемых газовых смесей и превосходит темп-ру воспламенения на 100—150°С. В отдельных случаях отходящие газы со значит. содержанием горючих компонентов могут применяться как топливо. Прямое сжигание газовых выбросов с использованием топлива целесообразно, когда нейтрализуемые компоненты выбросов могут обеспечить не менее 50% общего тепловыделения. После сжигания

газы дополнит. очищают в абсорберах или адсорберах.

ТЕРМИЧЕСКАЯ СУШКА ОСАДКОВ — процесс, обеспечивающий обеззараживание и значит. сокращение объема осадков сточных вод. Осадок после термич. сушки представляет собой незагнивающий, свободный от гельминтов и патогенных микроорганизмов сыпучий материал влажностью 10—40%. Благодаря удалению из осадков при сушке большей части влаги их масса уменьшается в неск. раз. Высушенные осадки в отличие от исходных не обладают адгезией к металлам и др. материалам и не слипаются. Это значит. облегчает их транспортировку и дальнейшую утилизацию в качестве удобрения, в произ-ве строит. материалов и т.д. Как правило, термич. сушке подвергают осадки после механич. обезвоживания. Т.с.о. производят на установках, состоящих из сушильного аппарата (сушилки), подогревателей, скрубберов, дутьевых устройств, конвейеров и бункеров.

В зависимости от способа подвода теплоты сушильные аппараты делят на кондуктивные и конвективные. К кондуктивным сушилкам относятся: вакуумные, вальцевые, скребковые и шнековые. В вакуумных сушилках (СВИР-4к, СВТР-10В) процесс сушки осадка происходит в вакууме, создаваемом конденсацией вторичного пара в барометрич. конденсаторе. Сухой осадок влажностью 30—40% выгружается гребками на конвейер. Уд. расход теплоты на 1 кг испаренной влаги равен 2350 кДж. Основными недостатками вакуум-сушилок являются низкая произ-сть, периодичность работы и вследствие этого высокая стоимость сушки. Вальцевая сушилка представляет собой медленно вращающийся полый барабан — валец, обогреваемый изнутри паром с темп-рой 150—170°С. Произ-ность сушилки при темп-ре пара 152°С и времени сушки 0,85 мин составляет 34 кг/ч с 1 м² барабана, напряжение по испаряемой влаге — 29 кг/(м²ч). Недостаток вальцевой сушилки состоит в низкой произ-сти и создании в рабочей зоне неблагоприятных условий для обслуживающего персонала. Более широкое распространение получили конвективные сушилки, к-рые делятся на стационарные и динамические. К первой группе относятся сушилки с фильтрующим слоем (барабанные, многоподовые, ленточные, петлевые и др.); ко второй — сушилки со взвешенным слоем (кипящим и фонтанирующим), распылит. сушилки, а также пневмосушилки. В сушилках второй группы продолжительность процесса меньше, чем в аппаратах первой группы.

В технологии Т.с.о. с целью



Технологическая схема сушилки

1 — дутьевой вентилятор; 2 — газовая горелка; 3 — выносная топка; 4 — ленточный конвейер; 5 — бункер загрузки; 6 — сушильный барабан; 7 — сборная камера выгрузки и дезодорации; 8 — «горячий» циклон; 9 — бункер; 10 — газозводный рекуператор; 11 — бак-аккумулятор; 12 — труба Вентури; 13 — скруббер-каплеуловитель; 14 — дымосос; 15 — дымовая труба; 16 — бункер-накопитель; 17 — шнековый питатель; 18 — закрытый конвейер; 19 — насос; 20 — радиальный уплотнитель; 21 — шлюзовый затвор; 22 — скребковый конвейер

снижения энергозатрат применяют различные методы подготовки осадка: предварит. нагрев, вибрационную или магнитную обработку, введение ПАВ, добавление ретура — 20—70% сухого в-ва пылеобразной фракции осадка, образующейся в процессе сушки и отделяемой в циклоне при очистке потока газозвдушной взвеси. Барабанные сушилки, выпускаемые отечеств. пром-стью диаметром 1—3,5 и длиной 4—27 м, работают по схеме с прямоочным движением осадка и сушильного агента, в качестве к-рого применяют топочные газы. Частота вращения барабана 1,5—8 мин⁻¹. Сушильный барабан устанавливается наклонно к горизонту (макс. угол наклона 3—4°). Для измельчения, перемешивания и предотвращения налипания осадка в сушилке дополнительно устанавливают цепи, свободно подвешиваемые к внутр. поверхности барабана. Расчетная нагрузка на 1 м³ барабанной сушилки — 60 кг влаги в 1 ч; влажность осадка, %: поступающего — 78—80, после термической сушки — 20—25; темп-ра сушильного агента (дымовых газов), °С: на входе в сушилку — 700—800, на выходе из нее — 250. Барабанные сушилки имеют большую единичную произ-сть, но малое напряжение по влаге, что обуславливает их большие габариты, массу и металлоемкость. Эти сушилки требуют высоких капит. затрат, имеют

низкий кпд и сложны в эксплуатации.

Наиболее эффективны компактивные сушилки динамич. типа: распылит., пневматич. (трубы-сушилки), сушилки со встречными струями, сушилки с кипящим и фонтанирующим слоями. Распылит. сушилки применяют для сушки уплотненного избыточного активного ила влажностью не менее 94%. Темп-ра теплоносителя после газовой топки равна 300—350°С, а при контакте с илом в сушилке не превышает 150°С. На выходе из аппарата темп-ра отходящих газов снижается до 75—90°С. Влажность высушенного ила 5—10%. Высушенный ил совместно с отработанным теплоносителем отводится в циклон, где выгружается через бункер. К недостаткам распылит. сушилок относятся: низкий кпд, громоздкость, наличие быстровращающихся частей в зоне высоких темп-р, создание неблагоприятных сан.-гигиенич. условий в местах выгрузки высушенного продукта, необходимость дополнит. обработки ила (гранулирование) для последующего его использования. Пневматич. сушилки (трубы-сушилки со встречными струями) предназначены для сушки обезвоженных осадков сточных вод и представляют собой вертикал. трубу, по к-рой снизу вверх движется смесь топочных газов и взвеш. в их потоке частиц осадка. При прохождении по трубе осадок в течение неск. секунд высушивается до влажности 5—10% и отделяется от отходящих газов в сепараторе. Эти сушилки являются простыми по конструкции и эффективными аппаратами. Однако они имеют ряд недостатков: большую высоту, трудность регулирования процесса сушки, высокий расход электроэнергии. Недостатками сушилок со встречными струями являются измельчение осадка и образование значит. кол-ва пыли, а также необходимость дезодорации отходящих газов.

Сушилки с кипящим слоем для осад-

ков сточных вод имеют круглую или прямоугольную в плане форму постоянного или расширяющегося по высоте сечения. Процесс сушки осуществляется на слое зернистого материала, в качестве к-рого может служить сам высушенный осадок или инертный материал — песок, стеклянные шарики, фторопластовая крошка и т.д.

Обезвоженный осадок подают в сушилку шнековым питателем; сгущенный осадок — с помощью форсунок в слой или на слой инертного материала. Сушилки с кипящим слоем позволяют получить высушенный осадок заданного гранулометрич. состава. Процесс сушки возможен как с применением ретура, так и без него. Основными недостатками сушилок с кипящим слоем являются: сложность гранулирования обезвож. осадков; неравномерное распределение их по всему кипящему слою; неравномерность времени пребывания частиц осадка в кипящем слое, из-за чего вероятна выгрузка влажных и недосушенных частиц.

При Т.с.о. происходит выделение большого кол-ва компонентов, к-рые могут загрязнять окружающую воздушную среду: летучие в-ва, пыль, пары влаги, продукты горения топлива. Поэтому установки Т.с.о. должны быть оборудованы системой сооружений, обеспечивающих очистку выделяемого парогазового потока от пыли и токсичных соединений. Рацион. технология процесса сушки должна включать также утилизацию теплоты отходящего парогазового потока.

ТЕРМОВЛАГОПРОВОДНОСТЬ — процесс влагопереноса в материале, обусл. наличием градиента темп-ры. Такой влагоперенос осуществляется за счет перемещения влаги в виде пара, жидкости и пленок и происходит по механизмам неизо-термического скольжения пара, термодиффузии пара в капиллярах, термокапиллярного течения пленок. Т. количественно характеризуется термо-радиентным коэффициентом. Наиболее распространено определение этого коэфф. для модели, использующей два частных потенциала влажности: потенциал влагопереноса и темп-ру. В этом случае плотность потока влаги представляется в виде

$$q = -\lambda \nabla \theta - (\lambda m / c_m) \delta \theta \nabla T,$$

где $\delta \theta$ — термоградиентный коэфф., отнесенный к потенциалу влагопереноса, 1/°С; θ — потенциал влагопереноса, °М; λ_m — коэфф. влагопроводности (отнесенный к потенциалу), кг/(м·с·°М); c_m — уд. изотермич. влагоемкость, 1/°М.

Для практического определения термоградиентного коэфф. необходимо знать зависимость влагопереноса от влажности

материала и темп-ры. Если такая зависимость известна, то

$$\delta\theta = c_m (\delta\theta/\delta T)_k \quad \text{при} \quad c_m = -(\delta u/\delta\theta)_T$$

При небольшой влажности материала терморазностный коэфф. увеличивается при повышении влажности, достигает некоего макс. значения, а затем уменьшается. Зависимость терморазностного коэфф. от влажности определяется капиллярно-пористой структурой материала.

ТЕРМОВОДОЗАБОР — одна или неск. специально оборудов. геотермальных скважин на месторождении геотермальной воды, предназн. для подачи геотерм. теплоносителя на нужды теплоснабжения зданий и сооружений.



Схема кольцевого термоводозабора

1 — эксплуатационные скважины (радиус расположения $r_{эк}$); 2 — нагнетательные скважины (радиус расположения $r_{наг}$); 3 — первичная тепловая сеть; 4 — центральный геотермальный тепловой пункт; 5 — первичная тепловая сеть

набжения зданий и сооружений. В зависимости от технологии разработки месторождения Т. может включать либо только эксплуатац. скважины (при самоизливе или насосной откачке геотерм. воды), либо эксплуатац. и нагнетат. скважины (при обратной закачке геотермальной воды). Кроме скважин и тепловых сетей на Т. может быть расположен центр. геотерм. тепловой пункт с теплообменными аппаратами, насосами, баками, фильтрами и др. оборудованием. В системах с обратной закачкой используется линейное или кольцевое размещение геотерм. скважин.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОЗДУХА — процессы изменения состояния воздуха в отд. аппаратах кондиционеров. Различают четыре процесса обработки: нагрев воздуха, охлаждение воздуха, увлажнение и осушка воздуха. Первые два в поверхностных теплообменных аппаратах совпадают с изотропным процессом, протекающим при пост. влагосодержании. Увлажнение

воздуха чаще всего осуществляется по изотропическому и изотропическому процессам. В первом случае процесс происходит в контактных аппаратах при обработке воздуха разбрызгиваемой рециркуляц. водой. Изотропич. процесс протекает при непосредств. подаче в воздух водяного пара. Охлаждение, увлажнение и осушка воздуха возможны в результате политропного процесса изменения состояния воздуха, к-рый осуществляется в контактных аппаратах. При этом направление процесса (увлажнение или осушка) зависит от нач. темп-ры воды.

ТЕРМОСТАТ — прибор, используемый для поддержания пост. темп-ры в помещении либо для включения-выключения насоса или компрессора в системах активного и пассивного солнечного отопления и горячего водоснабжения, в холодильном агрегате или теплонасосной установке. В частности, применяются Т. с биметаллич. пластиной, включающие и выключающие источник теплоты при отклонении темп-ры в помещении от заданного уровня.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ — комплекс мероприятий, осуществляемых при эксплуатации гор. систем распределения газа с целью создания предпосылок для безопасного проведения эксплуатац. работ и предотвращения возможности возникновения аварий, связ. со специф. свойствами газа. Потенц. опасность, возникающая при эксплуатац. работах, связана со способностью при определ. условиях образовывать взрывоопасные смеси. Предупредит. мероприятия по предотвращению угрозы взрыва осуществляют в двух направлениях. Одно из них — исключение возможности образования взрывчатых смесей в газопровode в момент проведения на нем огневых работ, др. — предотвращение вероятности появления источника воспламенения при наличии в газопровode взрывчатой смеси. Предотвращения образования в газопровode взрывчатой смеси достигают проведением на нем огневых работ при поддержании давления газа, исключаящем проникновение в газопровод воздуха, либо при вытеснении из него остатков горючего газа, для чего осуществляют продувку газопровода воздухом или инертным газом.

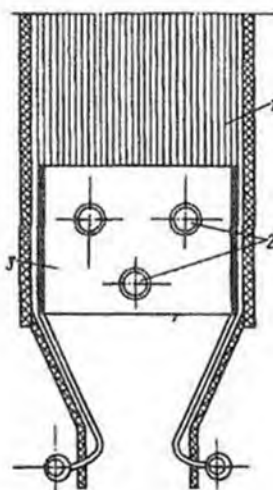
Одно из гл. условий безопасности эксплуатации газовых сетей — обязательная спец. подготовка работников газового хозяйства.

Ремонтные работы на газовых сетях газоопасны. Под газоопасными понимают работы при наличии или возможном выделении газа. К ним также относят присоединение газопроводов к действующим

сетям, замену отд. участков действующих газопроводов. Профилактич. осмотр заключается в систематич. проверке газопроводов и смежных с ними сооружений на наличие в них газа. Широко распространено определение технич. состояния подземных газопроводов с помощью приборов.

ТИРИСТОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ — управление электроприводами посредством тиристоров — управляемых полупроводниковых приборов. С их помощью осуществляется бесконтактное управление, в т.ч. включение или выключение силовых электрич. машин и аппаратов. Напр., можно менять (регулировать) в широких пределах скорость вращения валов электродвигателей вентиляторов и насосов.

ТОПКА — устройство для сжигания органич. топлива для получения высокотемп-рных продуктов сгорания, теплоту к-рых используют для преобразования в механич. и электрич. энергию или для технологич. целей. Теплообмен в Т. осложнен тем, что одновременно происходят горение и движение топлива. В общем случае Т. представляет собой камеру, в к-рую подают твердое, жидкое котельное или газообразное топливо и окислитель, обычно воздух. В Т. котлоагрегатов продукты сгорания отдают теплоту теплоносителю (вода, пар), циркулирующему по трубам (экранам), к-рые размещают на стенах камеры. Суммарная площадь поверхностей стен $F_{ст}$ равна сумме площадей всех поверхностей, ограничивающих ее активный объем: экраниров. и неэкраниров. стен, свода (потолочное перекрытие), выходного окна (перекрытым



Топка с зажигательным поясом

1 — топочные экраны; 2 — горелки; 3 — зажигат. пояс

фестоном или первым рядом труб (конвективной поверхности нагрева), пода или верхней половины холодной воронки (нижняя часть камерных топков), а если *слоевая топка* — площади зеркала горения (поверхности слоя горящего топлива). Лучевоспринимающая площадь поверхности топочного объема $F_{л}^T$, м², равна сумме лучевоспринимающих площадей поверхности $F_{л}$ отдельных ее участков: $F_{л}^T = \sum F_{л}$. Отношение площади стен топочной камеры, занятой лучевоспринимающими поверхностями $F_{л}^T$, к полной площади ее стен $F_{ст}$ наз. степенно экранирования топки $\alpha = F_{л}^T / F_{ст}$. В отличие от газовых и мазутных в пылеугольных Т. во избежание шлакования конвективных поверхностей нагрева продукты сгорания должны иметь темп-ру меньшую, чем темп-ра плавления шлака. Для этого стены Т. сплошь покрывают топочными экранами. В процессе эксплуатации они загрязняются, что приводит к уменьшению тепловосприимчивости экранов. В ряде случаев часть экранов ошпильывают и закрывают огнеупорной массой (зажигат. пояс), что также приводит к уменьшению их эффективности, к-рое учитывают при расчете, вводя коэфф. загрязнения и закрывания экранов ζ . Значение коэфф. ζ зависит от типа экранов и вида сжигаемого топлива и может изменяться от 0,65 для гладкотрубных экранов при сжигании газообразного топлива до 0,1 для экранов, закрытых шамотным кирпичом при сжигании всех видов топлива. Предельную темп-ру дымовых газов (теоретич. темп-ра горения, жаропрод-сть топлива) T_a в Т. определяют по ф-ле $T_a = Q_T / (1 + \alpha L_0) C_T$, где Q_T — теплота сгорания топлива; α — коэфф. избытка воздуха; L_0 — теоретически необходимый расход воздуха; C_T — средняя теплоемкость топочных газов.

Практически темп-ра в Т. ниже из-за потерь теплоты от хим. неполноты сгорания топлива и на наружное излучение топочной камеры. Темп-ра горения может быть повышена путем предварит. подогрева воздуха или топлива. Для более полного использования топлива топочный процесс ведут с избытком воздуха (см. *Коэффициент избытка воздуха*), т.е. кол-во воздуха, фактически подаваемого в Т., больше теоретически необходимого для горения. Для интенсификации горения воздух обогащают кислородом. Осн. хар-ками, определяющими эффективность и экономичность работы Т., являются: форсировка или тепловое напряжение сечения Т. (в плане) Q/F , где Q — кол-во теплоты, выдел. при полном сгорании топлива; F — площадь сечения (для слоевой топки F — площадь поверхности горящего слоя топлива), а также тепловое напряжение топочного объема Q/V (здесь

V — объем топочной камеры). По организации топочного процесса Т. котлоагрегатов подразделяют на 3 основные группы: слоевые, факельные и вихревые. Для удаления из топки газообразных продуктов сгорания применяют *дымовые трубы* и *дымососы*. При газонеплотном экранировании Т. движение дымовых газов обеспечивается вентиляторами (котлоагрегаты с наддувом); в этом случае топочная камера находится под давлением 3—5 кПа. См. также *Вихревая топка*, *Камерная топка*, *Слоевая топка*, *Топка мазутная* и *Факельная топка*.

ТОПКА МАЗУТНАЯ — камерная топка, применяемая в котлоагрегатах любой паропрод-сти для сжигания мазута. Состоит из топочной камеры, лучевоспринимающих поверхностей и форсунок. Топочную камеру и лучевоспринимающие поверхности нагрева выполняют так же, как при сжигании пылевидного топлива, с той лишь разницей, что низ камеры ограничивают горизонт. или слегка наклонным поддоном. В котлах небольшой паропрод-сти под топку часто не экранируют, чтобы упростить экранную систему. Форсунки размещают на стенах топки и по ее углам. При сжигании мазута на трубах экранов и *пароперегревателей* образуются плотные отложения (корки), к-рые уменьшают коэфф. теплопередачи, вследствие чего повышается темп-ра уходящих газов и уменьшается кпд агрегата. Для удаления корок в мазут добавляют спец. присадки, в результате чего отложения становятся рыхлыми и легко удаляются обдувкой.

ТОПЛИВНИК ПЕЧИ — камера отопительной печи для сжигания топлива, имеющая отверстия для его загрузки, подвода воздуха для горения, отвода продуктов сгорания. В процессе горения топлива горячие дымовые газы нагревают стенки *дымооборотов печи*, теплота передается через стенки Т.п. в помещения и частично аккумулируется. Т.п. подразделяются на слоевые (горение в осн. в слое *твердого топлива*) и факельные (горение пылевидного и газообразного топлива в факеле). Воздух для горения топлива подается к слою или факелу из *поддувала печи* через *колосниковую решетку*. Размер и форма Т.п. изменяются в зависимости от вида топлива: получаемое при горении уд. тепловое напряжение объема Т.п. Q/V , Вт/м³, должно обеспечивать высокий кпд (ок. 90%). Т.п. отонит. печей мощностью более 3000 Вт выкладывают (или футеруют изнутри) из огнеупорного кирпича. В верхней части Т.п. для сжигания влажного топлива устанавливают паровыпускную щель.

ТОПЛИВНОЕ ХОЗЯЙСТВО тепловых станций (*котельных*) — сооружения, устройства и механизмы, необходимые для приема, разгрузки, хранения, перемещения и подачи *топлива* в котельные и *топки* котлов, а также для его обработки и подготовки к сжиганию. Принцип, схема Т.х. зависит от вида, свойств и способа сжигания топлива, прод-сти котельной и ее расположения, а также способа доставки топлива. В общем случае Т.х. разделяют на след. участки: узел доставки и приема поступающего топлива (разгрузка); склады топлива; устройства для подачи топлива в помещенные генлостанции (*топливоподача*); первичная подготовка топлива; учет прибывающего и расходуемого топлива; подготовка топлива к сжиганию; подача топлива в топку. Принцип. технологич. схема компоновки оборудования Т.х. может иметь неск. вариантов, но в общем случае состоит из вагонных весов, через к-рые проходит все поступающее топливо, помещения для размораживания вагонов с топливом в зимнее время, приемно-разгрузочного устройства, дробильной установки и склада. При сжигании *твердого топлива* в слое система пылеприготовления в теплостанции отсутствует. Все поступающее твердое топливо до разгрузки должно быть взвешено. Топливо, доставляемое по ж.-д., разгружают на эстакаде котельной. Простейшая из них — насыпь высотой 1—3 м с улож. на ней ж.-д. путями. Длина эстакады обуславливается суточным расходом топлива и должна обеспечить возможность одновремен. разгрузки неск. вагонов. Иногда вместо эстакады сооружают закрытые разгрузочные сараи для размораживания топлива. После разгрузки топливо подают с помощью автопогрузчиков, грейферных кранов, конвейеров или др. механизмов на склад, с к-рого по мере необходимости его подают в бункеры сырого угля и из них через систему пылеприготовления в топку котельной установки. Запас топлива, расходуемого в периоды перерывов в его поступлении, хранят на территории котельной либо поблизости от нее на специально сооруж. для этого складах. Уголь, сланцы и торф хранят на открытом воздухе в штабелях. В соответствии с назначением независимо от вида топлива склады разделяют на базисные — для длит. плавового хранения, для обеспечения группы котельных при длит. задержках в его доставке и расходные (оперативные) — для хранения эксплуат. запаса топлива, потребляемого котельной в отд. дни или часы при кратковрем. задержках в поступлении топлива. При доставке топлива автотранспортом расходные склады проектируют не более суточного расхода; при доставке по ж.-д. — не более 14-суточного. Резервные аварийные склады в зависимости от сте-

пени надежности доставки топлива проектируют с одно-, двухнедельным или месячным запасом топлива. В домовых отопит. котельных при установке котлов под заданными складами топлива располагают в смежных с котельными помещениях. В крупных отд. стоящих котельных склады топлива сооружают открытыми на спец. подготовл. ровных незатопляемых площадках, имеющих дренажи для отвода атмосферных и грунтовых вод.

При длит. хранении топлива в штабелях и бункерах могут происходить его самонагревание и самовозгорание. Во избежание самовозгорания сроки хранения разл. категорий топлива ограничивают: бурые длиннопламенные угли — 4—12, газовые каменные угли — 12—36, антрациты и каменные тощие угли — 25—36 мес.

ТОПЛИВО — горючие в-ва, осн. составляющим к-рых является углерод, выделяющий при сгорании *теплоту*. В теплоэнергетич. установках выделившаяся из Т. тепловая энергия применяется для получения водяного пара или горячей воды, используемых в технологич. процессах для *отопления* зданий и для произ-ва электроэнергии. Т. разделяют на 2 группы: горючее и расщепляющееся (ядерное). Горючее выделяет теплоту при взаимодействии с др. в-вом (окислителем); при этом хим. компоненты горючего переходят в его окислы. В энергетич. установках окислителем, как правило, служит воздух, содержащий 21% (по объему) кислорода, и в особых случаях — чистый кислород. Т. горючее делят на неорганич. и органич. К первому относят неорганич. в-ва и их композиции, к-рые при взаимодействии с окислителем выделяют большое кол-во теплоты. Такими в-вами могут быть алюминий, магний, железо и др. металлы. При произ-ве тепловой энергии для *теплоснабжения* на ТЭЦ, ТЭС, производств. и отопит. котельных используют в осн. природное органич. Т. Органич. Т. делят на природные ископаемые угли, горючие сланцы, торф, газ, нефть, древесину, растит. отходы и *искусственное топливо*, к-рое в свою очередь подразделяют на композиц. и синтетич.

Природное Т. содержит углеводород, углерод, водород, их смеси. По агрегатному состоянию его разделяют на *твердое, жидкое котельное и газообразное топливо*. Отличит. особенностью твердых и жидких Т. является сложность органич. в-в, входящих в их состав. Газообр. Т. представляет собой механич. смесь углеводородов и оценивается по их доле в Т. По составу органич. Т. делится на горючую и негорючую части. Горючая часть (твердого и жидкого Т.) — органич. соединения, образ. 5 хим. элементами: углеродом, водородом, серой, кислородом и азотом,

при этом кислород и азот не участвуют в экзотермич. реакциях и поэтому являются как бы внутр. балластом Т. Горючая часть включает также нек-рые минер. соединения, взаимодействующие с кислородом воздуха при высокой темп-ре со значит. тепловыделением. Негорючая часть Т. — влага, минер. часть, образующая при сгорании золу. Влажность и зольность даже в пределах одного сорта Т. подвержены значит. колебаниям. Влагу, содержащуюся в Т., разделяют на внешн. и внутр. (гигроскопич.). Внешн. попадает в Т. при его добычке, транспортировке и хранении. Кол-во ее колеблется в широких пределах (1—40%). Эта влага может быть удалена при сушке Т. Внутр. влага связана как с органич. частью Т., так и с минер. примесями в нем. К ней относят коллоидную и гидратную влагу. Первая присутствует в Т. в виде гелей. Кол-во ее зависит от природы и наличия влаги в атм. воздухе. Гидратная влага хим. связана с минер. примесями. Содержание ее в Т. невелико, при его сушке часть коллоидной влаги испаряется, содержание гидратной влаги не меняется. Состав твердого и жидкого Т. обычно выражают в % по массе, при этом за 100% принимают Т. с таким содержанием влаги и золы, с к-рым оно сжигается в топках. Важнейшая хар-ка практич. ценности Т. — *теплота сгорания*. Для сравнит. расчетов используют понятие *условное топливо*. Уровень образованной воды, золы и SO₂ на единицу теплоты сгорания Т. (на единицу мощности котла) оценивают привед. хар-ками Т.: влажностью $W_{пр}$, зольностью $A_{пр}$ и сернистостью $S_{пр}$.

Качество каменных углей характеризуется выходом при их нагревании без доступа воздуха летучих в-в, переходящих в газо- или паробразное состояние. По свойствам нелетучего остатка судят о спекаемости данного угля, т.е. о его пригодности для коксования. Окисляемость Т. при обычных темп-рах определяет способности и сроки его хранения. При высокой окисляемости Т. может воспламениться. Возможность получения высоких темп-р при сжигании Т. зависит от жаропрочности — максим. темп-ры, теоретич. достигаемой при полном сгорании Т. в воздухе; при этом выделяемая теплота полностью расходуется на нагрев образующихся продуктов сгорания. При сжигании в виде пыли затраты энергии на *пылеприготовление топлива* обуславливаются его размо-лоспособностью. При слоевом сжигании Т. большое значение имеет его гранулометрический состав, т.е. содержание частиц разл. крупности.

Присутствие серы в Т. обуславливает значит. вредные выбросы в атмосферу. Для защиты окружающей среды разрабатывают различные методы улавливания вредных в-в (оксидов серы и азота, СО и

др.), а также способы сжигания, при к-рых эти в-ва не образуются. Снижение выбросов соединений серы может быть достигнуто очисткой от них продуктов сгорания или удалением серы из Т. до его сжигания. Достоинства первого метода — значит. эффективность (удаление до 90—95%) и универсальность применения для всех видов Т., его осн. недостаток — необходимость высоких капит. вложений и эксплуатац. расходов.

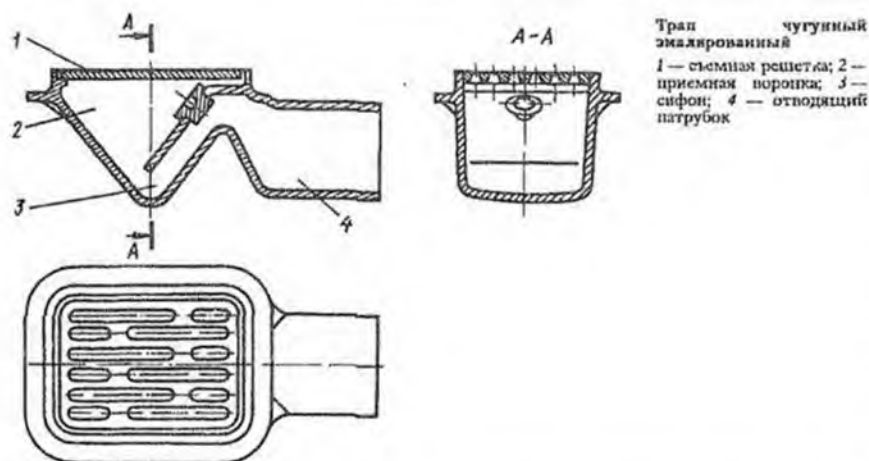
ТОПЛИВОПОДАЧА — комплекс механизмов и устройств для подачи топлива со склада в котельную. Осн. среди них: автопогрузчики (применяют с расходом топлива в котельных до 9—12,5 т/ч); грейферные краны на гусеничном ходу (используют вместо автопогрузчика при расходе топлива 9—33 т/ч и более); скреперные установки; вертикально-горизонт. скиповый подъемник; конвейеры (ленточные, ковшовые и др.).

ТОРФ (нем. Torf) — горючее полезное ископаемое, образующееся в процессе естеств. отмирания и неполного распада болотных растений в условиях избыточного увлажнения и затрудненного доступа воздуха. Т. — один из видов местного топлива. Органич. в-во Т. состоит из растит. остатков, претерпевших различную степень разложения. Перегной придает Т. темную окраску. Относит. содержание в общей массе Т. продуктов распада растит. тканей, утративших клеточную структуру, наз. степенью разложения торфа. Различают Т. слабо-разложившийся (до 20%), средне-разложившийся (20—35%) и сильно-разложившийся (св. 35%). Элементарный состав Т., %: углерод 50—60; водород 5—6,5; кислород 30—40; азот 1—3; сера 0,1—1,5 (иногда 2,5) на горючую массу. Не-разложившийся Т. может служить *биотопливом*. Для коммунально-бытовых целей прессуют торфяные брикеты.

ТОЧКА РОСЫ — темп-ра воздуха при полном его насыщении водяным паром при пост. влагосодержании.

ТРАНСПОРТНАЯ СКОРОСТЬ СМЕСИ — скорость движения аэросмеси в системе *невматического транспорта*, при к-рой транспортируемые частицы не откладываются на дне горизонт. *трубопровода*.

ТРАП — сан.-техн. прибор, устанавливаемый в сан.-бытовых и др. помещениях зданий для приема и отвода сточных вод с пола. Т. состоит из приемной воронки со съемной решеткой и встроенного сифона с гидравлич. затвором и отводящим патрубком. Его герметично встраивают в конст-



Тройник
эмалированный
чугунный
1 — съемная
решетка; 2 —
приемная
воронка; 3 —
сифон; 4 —
отводящий
патрубок

рукцию пола заподлицо с его поверхностью, выполн. с уклоном в направлении решетки Т. Отводящий патрубок присоединяют к канализационной сети. Съемную решетку используют для периодич. прочистки Т. Изготавливают из чугуна или стали с эмалированием внутри. поверхности, а также пластмассы.

ТРАССА ГАЗОПРОВОДА — линия, определяющая его положение в пространстве. Проекция Т.г. на план улицы или местности, где она проложена, представляет собой план Т.г., а ее проекция на вертикал. плоскость, проходящую через план, является продольным профилем трасс. Т.г. выбирают из условия транспортирования газа к потребителям кратчайшим путем, добываясь миним. прогнженности газопроводов. Газопроводы низкого и среднего давлений прокладывают в отведенных для инж. сетей технич. полосах вдоль улиц, дорог и гор. проездов параллельно красным линиям застройки, газопроводы высокого давления — в р-нах с малой плотностью населения и по проездам с малой насыщенностью др. подземными коммуникациями. Прокладка газопроводов по проездам с усовершенствов. дорожным покрытием, а также параллельно путям электрифициров. ж.д. не рекомендуется. Для исключения повреждений близрасполож. наземных и подземных сооружений при стр-ве газопроводов и ремонтных работах на них, а также для осложнения продвижения газа при его утечках в здания и коммуникации устанавливают миним. расстояния между ними и газопроводом. Так, миним. расстояние между газопроводом и зданием в свету должно быть, м: при низком давлении газа — 2; при среднем — 4; при высоком до 0,6 МПа — 7, при высоком до 1,2 МПа — 10. Регламентированы также расстояния до трамвайных и ж.-д. путей, водопровода и канализации, тепловых сетей и др. сооружений. Наиболее опасны располож. вблизи газопровода безнадзорные ком-

муникации (канализация, водостоки и пр.), т.е. по ним вытекающий газ может распространяться на большие расстояния и скапливаться в подвалах, зданиях и сооружениях. Поэтому при проектировании предусматривают наибольшие расстояния от этих коммуникаций. При пересечении газопроводами инж. сетей расстояние между ними в свету должно быть не менее 0,2 м. Выбор Т.г. производят с учетом корроз. активности грунта и наличия блуждающих токов.

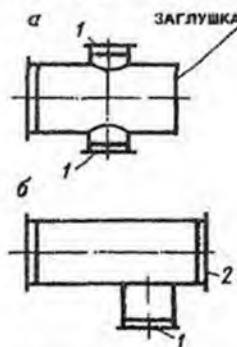
Т.г. наносят в масштабе на топографич. планы с указанием привязок газопровода к пост. сооружениям. После трассировки строят продольный профиль, на к-ром обозначают подземные сооружения, пересекаемые газопроводом. Под профилем указывают длину и уклоны участков, отметки поверхности земли и верха трубы, глубину заложения, диаметры труб и углы поворота.

ТРАССИРОВКА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ — выбор и обоснование трасс (направлений) прокладки теплопроводов. Принцип. направление трасс тепломагистралей выбирают при разработке генеральной схемы теплоснабжения города, соединяя ими, по возможности кратчайшим путем, источники теплоты системы теплоснабжения с осн. р-нами и узлами теплопотребления. Трассы устанавливают по топографич. картам и картам тепловых нагрузок с учетом существующих и намечаемых к стр-ву подземных сооружений и коммуникаций, гидрогеологич. хар-к грунта. Гидрогеологич. условия трасс в осн. определяют способы и конструкции прокладки тепловых сетей. Обоснование трасс тепломагистралей на стадии разработки схемы теплоснабжения позволяет увязать их стр-во со стр-вом др. гор. инж. сооружений. Осн. условия выбора трасс — надежность теплоснабжения, возможность быстрой ликвидации аварий и отказов тепловых сетей, безопасность работы обслуживающего

персонала, экономичность прокладки теплопроводов. Детальная трассировка тепломагистралей производится при разработке проекгов тепловых сетей и рабочих чертежей. Выбранную в плане трассу привязывают к существующим пост. точкам, красным линиям, капит. зданиям и сооружениям. Миним. расстояния в плане от конструкции тепловых сетей до др. инж. сетей и сооружений выбирают согласно действующим нормативам. В городах трассу тепловых сетей располагают в отвед. для инж. сетей полосах. При необходимости их прокладывают под проезжей частью улиц, дорог, проздов параллельно красным линиям, а также в зеленых зонах под газонами. Возможен выбор трассы по проездам территорий кварталов и микрорайонов. По условиям безопасности их диаметр не должен превышать 500 мм, а трасса не должна пересекать места возможного скопления населения (спортплощадки, скверы). Распределят сети диаметром до 360 мм прокладывают также в технич. коридорах и подвалах (с высотой не менее 1,6 м) жилых и обществ. зданий. На пром. предприятиях трассы прокладки тепловых сетей намечают по спец. отвед. технич. полосам совместно с технологич. трубопроводами. На вновь застраиваемых территориях города трассы тепловых сетей размещают с учетом планировки и проектов трасс др. подземных коммуникаций во взаимной увязке. По плану трассы тепловой сети составляют продольный профиль по данным геодез. съемки с указанием всех пересекаемых сооружений.

Использование при трассировке тепловых сетей надземной прокладки ограничено. Ее предусматривают при прохождении оврагов, небольших водотоков, при высоком уровне грунтовых вод, в илистых, просадочных, вечномерзлых грунтах. Целесообразна надземная прокладка при возможности выбора трассы вдоль автомобильных и железных дорог, по просекам лесных насаждений.

ТРОЙНИК ВЕНТИЛЯЦИОННЫЙ — фасонная часть воздуховода, применяемая для слияния или разделения



Тройник вентиляционный
а, б — круглого и прямоуг. сечений; 1 — ответвление
тройника; 2 — проход



Схемы тройников для систем аспирации и пневмотранспорта

а — асимметричный; б — симметричный; α — угол между ответвлениями; 1 — ответвление тройника; 2 — проход

воздушного потока в двух направлениях. По форме Т.п. бывают круглого и прямоугольного сечений. Для общеобменной вентиляции применяют унифициров. Т.в. с углом отставления 90° ; для систем аспирации и пневматического транспорта — с углом отставления 30° при диаметре основания до 630 мм и 45° — более 630 мм.

ТРУБА ОТОПИТЕЛЬНАЯ — отопительный прибор конвективно-радиационного типа, представляющий собой гладкую или ребристую трубу. Гладкотрубным наз. прибор, состоящий из одной или неск. соедин. вместе гладких труб (из разл. материалов), образующих каналы для теплоносителя замкнутой или регистровой формы. Собирается или сваривается из труб наружным диаметром 20—150 мм и применяется для отопления обществ. и пром. зданий, особенно пыльных производств. помещений, где нельзя по сан.-гигиенич. требованиям устанавливать ребристые трубы или конвекторы, а также в системах отопления теплиц. В связи с высокой уд. массой и низкой теплоплотностью применение гладкотрубных приборов ограничено. Ребристой трубой наз. прибор с наружными ребрами, используемый в системах отопления пром. зданий, коммунально-бытовых предприятий, а также в сушильных камерах. Выпускаются чугунные ребристые трубы с литыми ребрами круглой, квадратной и прямоугольной формы с фланцами на концах, с литыми фланцевыми калачами (для многоярусной установки) и контрфланцами для соединения с подводными теплопроводами. Имеются также стальные трубы со спирально-навивными ребрами или проволочными петлями (оцинков. горячим

способом, припаянные или окраш.) и ребристые биметаллич. стальные трубы условным диаметром 215—40 мм со спирально-накатными алюминиевыми ребрами наружным диаметром до 100 мм. Стальные и биметаллич. ребристые трубы соединяются между собой и подводными теплопроводами на резьбе или на сварке. Чугунные трубы с фланцами соединяются на болтах. Имеются модификации таких труб, соединяемых на nipples. Биметаллич. Т.о. поставляются окраш. и неокраш. (теплоплотность последних в среднем на 8% ниже, чем у окрашенных).

ТРУБОПРОВОД — сооружение из плотно соединенных между собой труб для транспортирования газообразных, жидких и твердых продуктов, в т.ч. готовых изделий. В зависимости от транспортируемого продукта различают газо-, нефте-, водо-, пульпопровод и т.п., пром. и внутриучрежденч. Т. для пневматического транспорта.

ТРУБОПРОВОДЫ ПНЕВМОТРАНСПОРТА — воздуховоды, в к-рых перемещается чистый воздух, и материалопроводы, служащие для перемещения смеси воздуха с материалом. Осн. требования к Т.п.: высокая герметичность соединений и швов, минимум гидравлич. сопротивлений, невысокая стоимость изготовления и монтажа и достаточно продолжит. срок службы.

В качестве воздуховодов применяют трубы, изготовл. из листовой стали толщиной 0,8—1,8 мм с помощью фальцевых соединений или сварки, а также стальные бесшовные трубы. Отд. участки воздуховодов соединяют с помощью фланцев из полосовой или угловой стали. Средние радиусы кривизны отводов составляют 1,5—1,7 диаметра воздуховода.

Материалопроводы изготовляют из стальных горячекатаных или бесшовных труб с толщиной стенок 2,5—6 мм. Секции труб длиной 30—50 м соединяют с помощью сварки или фланцев, колена с прямолинейным участком — только фланцами для удобства их замены в случае износа.

Паралл. соединение Т.п. осуществляется тройниками, к-рые рекомендуются применять при угле слияния потоков 15° — 30° . Для отключения отд. участков Т.п. применяют шиберы, к-рые должны быть косыми, чтобы не забивались пылью. Иногда в качестве материалопроводов используют пластмассовые или стекл. трубы. В этом случае велика вероятность возникновения статич. зарядов вследствие трения сыпучих материалов о стенки труб, поэтому необходимы устройства для снятия и отвода этих зарядов.

Для изменения направления движения смеси в местах разветвления

Т.п. применяют клапаны-переключатели — устройства, в к-рых с помощью электродвигателя поворачивается заслонка, переключающая направление потока смеси в нужном направлении.

ТРУБЫ — полые (пустотелые изделия), преимущественно кольцевого сечения и относительно их диаметра большой длины. Широко используются в разл. отраслях нар. хоз-ва в качестве трубопроводов для транспортирования газа, пара, воды и др. жидкостей, твердых в-в. Выполняются из металлов, асбестоцемента, пластмассы, стекла, каучука и др. материалов. Особое значение имеют металлич. трубы — стальные и чугунные. По назначению металлич. Т. делят на водопроводные, канализац., газовые и др. Стальные Т. по способу изготовления бывают бесшовными и со швом. Первые изготовляют гл. обр. прокаткой; меньшие используют бесшовные литые и холодно-тянутые Т., получаемые волочением. Т. со швом выполняют преимущественно сваркой.

В котлостроении Т. применяют для транспортирования пара высоких параметров. В зависимости от условий работы и конструкции котлов различают Т. жаровые, дымогарные, кипящие, пароперегреват., для паропроводов и коллекторов в котельных установках высокого давления и др. Эти Т. изготовляют бесшовными из малоуглеродистой, качеств. легиров. и высоколегиров. (нержавеющей) стали.

В гражданском и пром. стр-ве применяют Т. для трубопроводов, транспортирующих газы, пар при высоких рабочих давлениях (не более 6 МПа) и воду при давлениях, не превышающих, как правило, 2 МПа. Эти Т. изготовляют бесшовными или сварными из малоуглеродистой стали. К ним не предъявляют повыш. и спец. требований по механич. свойствам, состоянию поверхности, размерам, допускам и т.д. Используются Т. и для пневматического транспорта.

Поскольку природный и сжиж. газы не агрессивны в-ва, к материалам Т., фасонных деталей и арматуры на трубопроводах, используемых для сооружения газопроводов, не предъявляют спец. требований по корроз. стойкости их внутр. поверхностей. При прокладке трасс газопроводов в осн. применяют бесшовные, сварные прямошовные, спиральношовные Т. из углеродистой конструкц. хорошо свариваемой стали (содержащие не более 0,25% углерода, 0,056% серы и 0,046% фосфора), а также полиэтиленовые Т. В зависимости от расчетных значений темп-ры наружного воздуха, способа прокладки (надземная, наземная, подземная), диаметра трубопровода и его назначения в системе газоснабжения

нормативные документы определяют технич. условия на материалы, к-рые можно применять для изготовления газопроводов, и на способы произ-ва Т. (бесшовные, горячедеформиров., электросварные прямошовные или со спиральным швом). На заводах — изготовителях Т. для газоснабжения подвергают гидравлич. испытаниям. Миним. диаметр Т. для распределит. газопроводов принимают равным 50, для абонентских ответвлений — 25, толщина стенок для подземных и наземных (в насыпях) — не менее 3, для надземных — не менее 2, для подводных переходов — на 2 мм больше расчетной, но не менее 5 мм. Стальные Т. обычно соединяют газовой или электродуговой сваркой. Сварные швы должны быть равнопрочны осн. металлу Т. Доступные для осмотра и ремонта фланцевые и резьбовые соединения используют для присоединения задвижек, кранов и др. арматуры. В качестве прокладочных материалов для фланцевых соединений применяют маслостойкий паронит и резину, для резьбовых соединений — лен трепанный (льняная чесаная прядь), пропит. олифой. Для присоединения к трубам газопроводов низкого давления передвижных горелок газовых, сливных и наливных устройств газонаполнительных станций и на пром. предприятиях при давлении газа до 0,3 МПа применяют резиновые и резиноканевые рукава, учитывая при этом их стойкость к транспортируемой среде при миним. темп-ре эксплуатации. Соединение с помощью рукавов должно выдерживать пробное гидравлич. давление, в 2 раза превышающее рабочее в системе, а пневматич. — равное рабочему давлению.

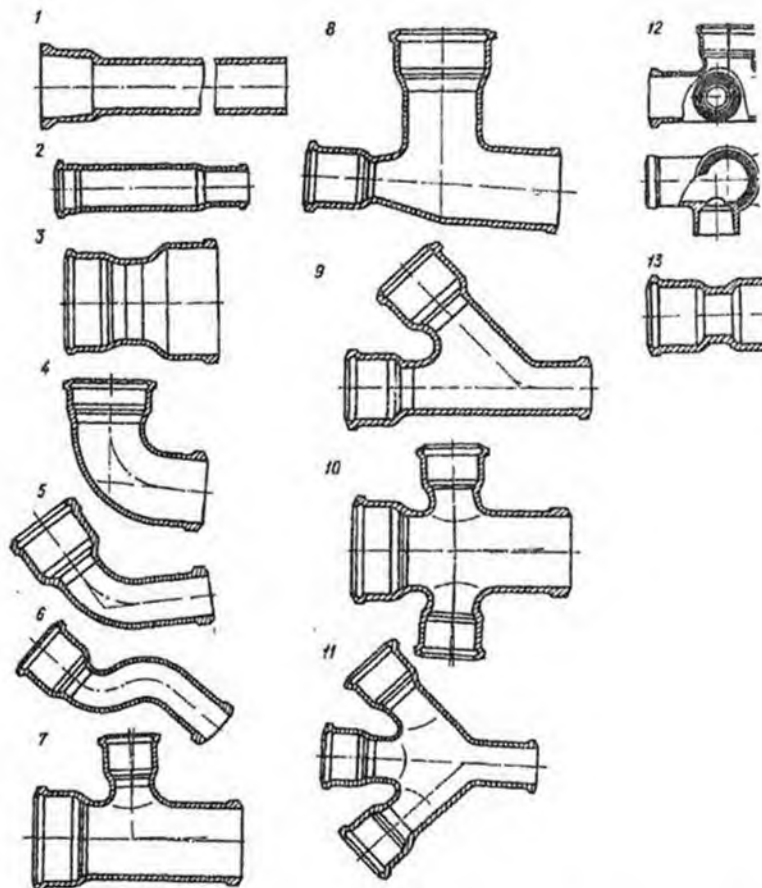
Т. чугунные напорные применяют в осн. для транспортирования сточных вод. Изготавливают двумя методами: стационарным литьем в песчаные формы и центробежным или полунепрерывным литьем. В зависимости от толщины стенки Т. подразделяют на классы. Т., производимые по первому методу, имеют 2 класса — А и Б, по второму — 3 класса — ЛА, А и Б.

Полиэтиленовые Т. прокладывают для газоснабжения пос. и сельских нас. пунктов, куда подают природные газы газовых и газонефтяных месторождений, не содержащие ароматические и хлориров. углеводороды. Давление газа в полиэтиленовых трубах на территории пос. и сельских нас. пунктов — не более 0,3, в межпоселковых — не более 0,6 МПа. Полиэтиленовые газопроводы обладают высокой корроз. стойкостью в отношении всех к-т (кроме органич.) и щелочей, электрохим. и биологич. коррозии; малой массой (в 7—8 раз меньше, чем у стали); повыш. пропускной способностью (примерно на 15% больше металлич.) из-за малого гидравлич. сопротивления; долговечностью (срок службы не менее 50

лет); их легко обрабатывать, что снижает трудозатраты при сварочно-монтажных работах. Но полиэтиленовые Т. обладают меньшей механич. прочностью и темп-ростойкостью (расчетный интервал темп-р $-40...+60^{\circ}\text{C}$), чем стальные. Их соединение осуществляется оплавлением с применением контактной тепловой сварки встык или внахлест.

Для соединения Т. при монтаже, в т.ч. газопроводов, применяют соединит. и фасонные элементы — отводы, переходы с одного диаметра на др., крестовины, тройники, заглушки. Отводы (колена) необходимы для устройства поворотов трубопроводов под разными углами (15; 30; 45; 60; 75; 90°) в горизонт. и вертикал. плоскостях. К стальным соединит. частям относятся муфты, контргайки, сгоны, фланцы. В местах установки арматуры

(задвижек, кранов) в зависимости от их диаметра применяют резьбовое или фланцевое (плоские приварные фланцы) соединение. Разъемные соединения полиэтиленовых Т., а также их соединение с арматурой, оборудованием и металлич. газопроводами целесообразно осуществлять с помощью фланцев. В этом случае используют приварную полиэтиленовую втулку под фланец или металлич. распорную втулку заклинивающего типа. Такие соединения располагают в колодцах, а под сам стык подводят опору. Для устройства ответвлений, поворотов, переходов на полиэтиленовых газопроводах изготавливают методами литья под давлением, прессованием или гнутьем трубных заготовок соединит. детали (переходы, тройники, отводы под углом 90°) и соединяют их тепловой сваркой встык.



Трубы и фасонные части безнапорные

1 — труба; 2 — патрубков компенсационный; 3 — патрубков переходной; 4 — колено; 5 — отвод; 6 — отступ; 7 — тройник прямой; 8 — тройник прямой переходной; 9 — тройник косой; 10 — крестовина прямая; 11 — крестовина косая; 12 — крестовина двухплоскостная; 13 — муфта

ТРУБЫ И ФАСОННЫЕ ЧАСТИ КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ БЕЗНАПОРНЫЕ — изделия, предназначенные для систем внутр. канализационной сети зданий. Их изготавливают из чугуна и пластмассы (полиэтилена, полипропилена,

поливинилхлорида) с номин. диаметрами 40; 50; 90; 100; 110 и 150 мм. Сортаментами предусмотрены трубы длиной 750—2200 (чугунные) и 2000—8000 мм (пластмассовые), а также фасонные части (патрубки, колена, отводы, отступы, тройники, крестовины, муфты, ревизии, заглушки), обеспечивающие монтаж канализационных трубопроводов разл. схем. Чугунные трубы и фасонные части соединяют с помощью раструбов, герметизируемых просмол. битумизиров. прядью, цементным раствором или расплавл. серой, а также стальных хомутов и резиновых манжет, сжимаемых болтами; пластмассовые изделия — с помощью раструбов, герметизируемых резиновыми манжетами, раструбно-стыковой сваркой или на резьбе с использованием накидной гайки и резиновой прокладки.

ТУМАНО- и БРЫЗГОУЛОВИТЕЛИ — устройства для отделения от воздуха или газов мелких капель и брызг. Туманы улавливаются волокнистыми фильтрами — туманоуловителями. Их принцип основан на захвате частиц жидкости при пропускании туманов через волокнистый слой. При контакте с его поверхностью происходят коалесценция уловл. частиц и образование пленки жидкости, к-рая движется внутри слоя волокон и затем распадается на отд. капли, удаляемые с фильтра. Волокнистые туманоуловители разделяют на низко- и высокоскоростные, представляющие собой набор фильтрующих элементов. У низкоскоростных они включают две соосно расположен. цилиндрич. сетки из проволоки диаметром 3,2 мм, приваренные ко дну и входному патрубку. Пространство между сетками заполнено тонким волокном (из стекла, полипропилена, полиэфира, поливинилхлорида, фторопласта и др. материалов) диаметром 5—20 мкм с плотностью упаковки 100—400 кг/м³ и толщиной слоя 0,03—0,10 м. Элементы (до 70) крепят на трубной решетке в корпусе колонны. Туманоуловители работают при $u_c < 0,2$ м/с и имеют производительность до 180 000 м³/ч. Высокоскоростные туманоуловители выполняют в виде плоских элементов, заполн. пропиленовыми войлоками. Их используют для улавливания туманов к-т и щелочей. Войлоки выпускают из волокон толщиной 20; 30; 50 и 70 мкм.

Для очистки газовых потоков от брызг применяют гранитца., инерц., центробежные и сеточные *каплеуловители*. Сетки в последних укладывают в пакеты и в качестве сепараторов устанавливают в колоннах. Для улавливания туманов и к-т используют мокрые *электрофильтры*.

ТУМАНЫ — аэрозоли с капельно-жидкой дисперсной фазой. Т. состоят из капелек жидкости, образующихся при

термич. конденсации паров, хим. взаимодействии газообразных составляющих или распылении жидкости. При этом в капельках могут содержаться раствор. в-ва или суспендиров. твердые частицы. Размер капелек Т. — 0,3—10 мкм. Значит. часть капелек в Т. имеет субмикронные размеры.

ТУННЕЛЬ, тоннель (англ. tunnel) — гидротехнич. водовод замкнутого поперечного сечения, выполненный путем подземной выработки и используемый в качестве подводящего или водопропускного (сбросного) сооружения. Т. имеют такое же назначение, как и открытый канал: ирригац. и обводнит., энергетич., водопроводный, канализационный, судоходный, лесосплавный, водосбросный и спец. назначения. По гидравлич. режиму потока Т. подразделяют на напорные и безнапорные. Их обычно выполняют с горизонт. или наклонной осью подвода и в зависимости от назначения возводят в виде шахт, штолен или штреко. Конструкция входа в Т. имеет обычно плавное очертание, а выход оборудуется устройством для гашения избыточной энергии потока. Форму и размеры (диаметр) поперечного сечения гидротехнич. Т. определяют на основе гидравлич. и технико-экономич. расчетов и корректируют с учетом инженерно-геологич., гидрологич., климатич., сейсмич. условий и глубины залегания сооружения. Характерная форма сечения напорных Т. — прямоугольная и круглая; безнапорных Т. — прямоугольная с пологим сводом, корытообразная с полукруглым сводом, подковообразная (корытообразная) и др. Гидравлич. расчет напорного Т. производят как для закрытого водовода, а безнапорного — с учетом равномерного движения потока в открытом русле. Поскольку туннельная выработка приводит к нарушению прочности и деформации породы, то по контуру сечения устраивают спец. обделку (облицовку), способную выдержать горное давление. Статич. расчет облицовки Т. осуществляют по соответствующей методике. При этом учитывают внешн. давление от горных пород и грунтовой воды, а также внутр. гидростатич. давление воды. Кроме того, при необходимости производят проверку расчетом на сейсмичность и др. воздействующие факторы. В простейших случаях туннельная выработка обустраивается выравнивающей или противодиффузацион. облицовкой. При больших скоростях потока в Т. необходимо предусматривать противокавитацион. мероприятия и спец. облицовки.

ТЭН — высокотемп-ный трубчатый электронагреват. элемент, предназн. для прямого преобразования электроэнергии в тепло. Представляет собой металлич. или кварцевую трубку, заполн. изо-

ляцией, внутри к-рой помещена нихромовая спираль. Макс. темп-ра его поверхности 450—500°С. Используется в *электроприборе отопительном* для нагревания среды, переносящей тепло в обогреваемое помещение (напр., масла в *электро радиаторе*, воздуха в *электроконвекторе*).

ТЭЦ — см. *Теплоэлектроцентральный (ТЭЦ)*.

ТЯГА ЕСТЕСТВЕННАЯ — разрежение на данном участке канала *отопительной печи*, под действием к-рого происходит движение воздуха или дымовых газов. Оно возникает из-за разности плотностей наружного атм. воздуха и газов в каналах печи и *дымовой трубе*, т.е. возрастает с увеличением высоты дымовой трубы, с понижением темп-ры наружного воздуха и повышением темп-ры дымовых газов в дымовой трубе.

ТЯГОДУТЬЕВОЕ УСТРОЙСТВО — комплекс механизмов и сооружений, обеспечивающий подачу воздуха в топку котлоагрегата или печи и удаление из нее дымовых газов. КТ.у. огнест. дымососы, дутьевые вентиляторы, дымовые трубы, дымоходы, воздухопроводы. Рабочий процесс в котлоагрегате связан с непрерывной подачей по воздуховодам воздуха в топочную камеру (для горения топлива) и перемещением продуктов сгорания по газоходам с последующим удалением их из котлоагрегата. При движении воздуха и продуктов сгорания возникают аэродинамич. сопротивления, на преодоление к-рых затрачивается электроэнергия. Различают 4 схемы подачи воздуха и отвода продуктов сгорания в котельных установках: с естеств. тягой, создаваемой дымовой трубой, и естеств. засасыванием воздуха в топку в результате разрежения в ней, создаваемого тягой трубы; с искусств. тягой и засасыванием воздуха в топку в результате разрежения, создаваемого дымососом; с искусств. тягой и принуд. подачей воздуха в топку дутьевым вентилятором под давлением до 5 кПа; с наддувом, при к-ром вся котельная установка герметизируется и ставится под создаваемое дутьевым вентилятором нек-рое избыточное давление, достаточное для преодоления всех сопротивлений воздушного и газового трактов, что снимает необходимость установки дымососа. Дымовая труба во всех случаях искусств. тяги или работы под наддувом сохраняется для выноса дымовых газов в более высокие слои атмосферы с целью улучшения условий рассеяния их в пространстве.

На основе *аэродинамического расчета котельной установки*, выполняемого после ее теплового расчета, определяют аэродинамич. сопротивления воздушного

и газового трактов и выбирают дутьевые и тяговые устройства, к-рые рассчитывают на макс. нагрузку котлоагрегата. Дутьевые вентиляторы Ц, ВДН и ВД, применяют при темп-ре всасываемого воздуха 20°C , дымососы Д, ДН и ВДН удаляют продукты сгорания с темп-рой до 250°C . Котлоагрегаты большой и средней мощности оборудуют индивид. дутьевой и дымососной установкой, а в помещениях с котлами малой произ-сти применяют централизов. установки, обслуживающие неск. котлов и имеющие по 2 дымососа и вентилятора. Дымоходы и воздухоходы могут быть подземными и надземными. Первые выполняют из кирпича и бетона, вторые — из металла круглого или прямоугольного сечения. Дымососы и вентиляторы Т.у. обычно приводятся в действие электродвигателями, а на мощных котлоагрегатах — паровыми турбинами. Т.у. ТЭС потребляют 1—2% вырабатываемой станцией энергии, 30—70% ее расходуется на собств. нужды котлоагрегата. Поэтому при проектировании как самих котлоагрегатов, так и Т.у., предусматривают газовые и воздушные тракты с миним. аэродинамич. сопротивлением. Применяют 3 способа рацион. регулирования произ-сти котлоагрегатов для уменьшения расхода электроэнергии: дросселирование, изменение частоты вращения двигателя, а также использование направляющих аппаратов. Дроссельное регулирование осуществляется введением в газозадушный тракт доплнит.

сопротивления с помощью шиберов. При этом изменяется хар-ка газозадушного тракта, к-рая приводит к изменению работы насоса и вентилятора. Метод простой, но неэкономичный. Изменение частоты вращения экономически более выгодно, но возрастает стоимость самого электродвигателя. Малоэффективно и применение гидромуфт в связи с их значит. стоимостью и сложностью в эксплуатации. Наиболее распространено регулирование направляющими лопаточными аппаратами путем изменения угла поворота лопаток, устанавливаемых на всасывающей стороне вентиляторов и дымососов. Существует неск. типов направляющих аппаратов, из них самый распространен. — осевой. Для котлоагрегатов малой мощности используют упрощ. направляющие аппараты с одной поворотной лопаткой, устанавливаемой на прямом участке всасывающего короба. Такое устройство отличается простотой и в то же время экономит 20—30% электроэнергии по сравнению с регулированием заслонкой.

ТЯГОПРЕРЫВАТЕЛЬ — дымоотводящее устройство, предохраняющее газовый прибор от избыточной тяги, защищающее от возврата в него продуктов сгорания, стабилизирующее работу горелки газовой. Т. соединяет внутр. пространство трубы с атм., в результате чего уменьшается влияние разрежения в дымоходе на работу прибора. Продукты сгорания движутся через прибор под



Тягопрерыватель

действием тяги, создаваемой самим прибором. При усилении тяги увеличивается подсос воздуха из помещения через Т., поэтому разрежение в топочной камере изменяется в незначит. пределах, что приводит к стабильности и безопасности работы газовой горелки. Для предохранения калорифера (теплообменного аппарата) от засорения сверху, а также попадания продуктов сгорания из дымохода обратно в топочную камеру (при застое или опрокидывании тяги) в Т. установлен отражатель. При врем. нарушениях тяги продукты сгорания выходят из прибора через Т. в помещение, что обеспечивает нормальную работу основной горелки водонагревателя.

У

УВЛАЖНЕНИЕ ВОЗДУХА АДИАБАТНОЕ — простейший процесс изменения состояния влажного воздуха, протекающий при пост. значении уд. энтальпии воздуха. При этом темп-ра воздуха снижается, а его уд. влагосодержание растет. Процесс У.в.а. осуществляется в оросит. камерах или др. аппаратах при обработке воздуха рециркулирующей водой. В холодный период года при применении У.в.а. повышается влагосодержание приточного воздуха, что препятствует появлению чрезмерной сухости воздуха в вентилируемом помещении. В теплый период года У.в.а. используется гл. обр. для снижения темп-ры приточного воздуха. Это улучшает темп-рную обстановку в помещении, снижает требуемый воздухообмен. Наиболее эффективно У.в.а. в р-нах с жарким и сухим климатом. В процессе У.в.а. происходит тепло- и массообмен между диспергиров. водой и пото-

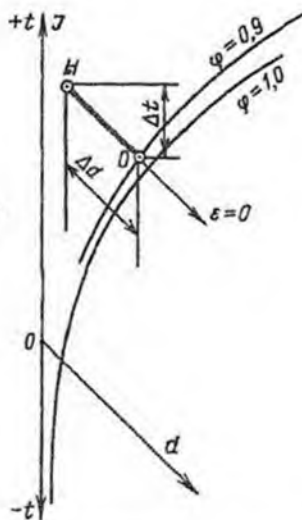


Схема процесса увлажнения воздуха адиабатного на диаграмме $I-d$ точки H и O — начало и конец процесса увлажнения ($\varphi = 90-95\%$); Δt — перепад температуры; Δd — перепад уд. влагосодержания; ε — угловой коэфф. луча процесса

ком воздуха. Капли воды в результате ее многократной циркуляции принимают темп-ру, близкую к температуре *мокрого термометра*. При контакте с воздухом капля за счет конвективного теплообмена получает от воздуха поток теплоты, расходуемый на испарение. Водяной пар поступает в воздух. Скрытая теплота пара равна конвективной, получ. каплей от воздуха. Луч процесса У.в.а. на диаграмме $I-d$ влажного воздуха направлен по линии $I = \text{const}$. Угловой коэфф. луча процесса равен нулю. Положение точки O зависит от эффективности аппарата для обработки воздуха водой. Обычно процесс заканчивается при достижении относит. влажности 90—95%. Реальные процессы У.в.а. отклоняются от линии $I = \text{const}$, т.к. при рециркуляции воды происходит ее подогрев в системе трубопроводов.

УВЛАЖНЕНИЕ ВОЗДУХА ПАРОМ — простейший процесс изменения состояния влажного воздуха, протекающий близко к линии $t = \text{const}$ (изотермич. процесс). При У.в.п. уд. энтальпия и влагосодержание воздуха увеличиваются. Процесс У.в.п. осуществляется в спец. устройствах, в к-рых к потоку воздуха подмешивается водяной пар. Этот способ увлажнения позволяет получать воздух, не загрязн. частичками солей, выпадающих при испарении воды в процессе адиабатного увлажнения. Поэтому У.в.п. применяют при *вентиляции и кондицио-*

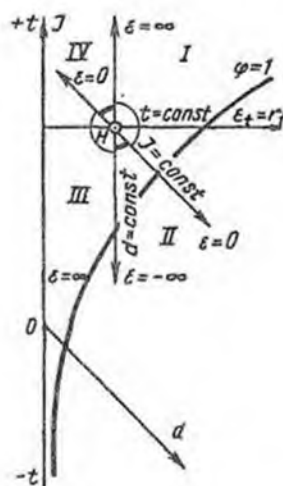


Схема диаграммы $I-d$ с нанесением лучей процесса изменения состояния влажного воздуха

точка H — нач. состояние воздуха; ε — угловые коэфф. процессов изменения состояния воздуха при постоянстве температуры, удельных энтальпии и влагосодержания; I—IV — 4 хосоугольных квадранта, в пределах к-рых лежат возможные направления лучей процессов; r_t — удельная теплота парообразования при температуре t

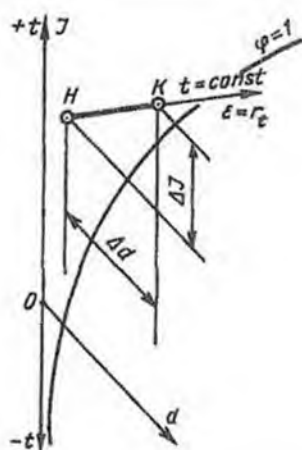
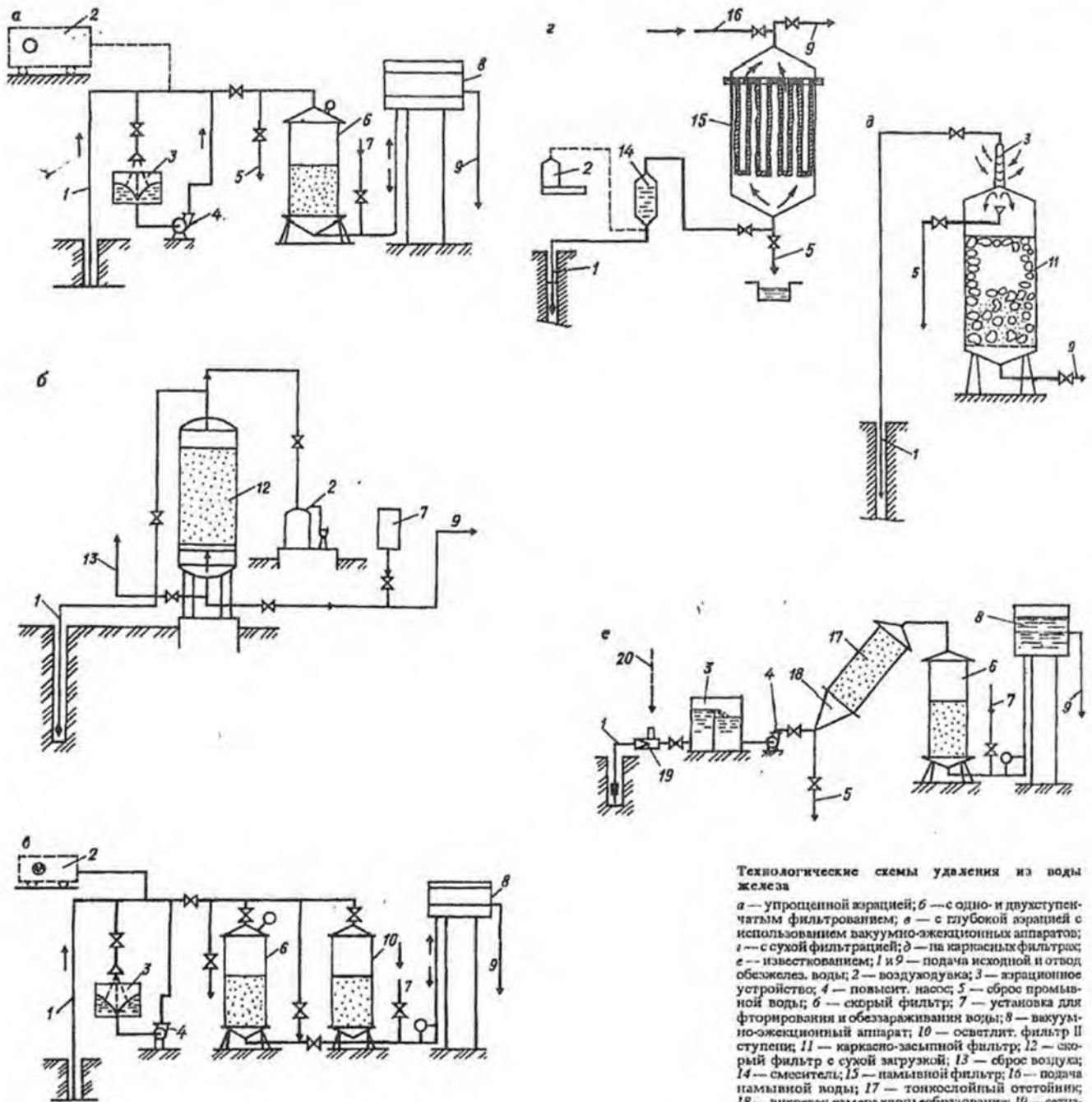


Схема на диаграмме $I-d$ процесса увлажнения воздуха паром точки H и K — начало и конец процесса увлажнения; Δt — перепад уд. энтальпии; Δd — перепад уд. влагосодержания; ε — угловой коэфф. луча процесса; r_t — уд. скрытая теплота парообразования при температуре t

нированию воздуха в помещениях с повыш. требованиями к чистоте внутр. среды (залы ЭВМ, спец. произ-ва, картинные галереи и т.п.). Воздух увлажняют низкотемп-рным паром, испаряя воду без ее кипения. При использовании острого пара испарители заливают дистиллиров. водой. Луч процесса У.в.п. на диаграмме $I-d$ влажного воздуха направлен вдоль изотермы. При У.в.п., имеющем ту же темп-ру, что и воздух, луч процесса совпадает с изотермой. Если темп-ра пара выше, чем у воздуха, то луч процесса идет чуть выше изотермы — вследствие остывания пара. Отклонение от изотермы незначит., т.к. скрытая теплота парообразования много больше явной, выделяющейся при остывании пара. Для расчетов угловой коэфф. луча процесса принимают равным уд. скрытой теплоте парообразования — $r_t = r_0 + C_{вн}t$ (r_0 — уд.теплота испарения при $t = 0$, $C_{вн}$ — теплоемкость водяного пара), а при построении процесса на $I-d$ диаграмме совмещают луч процесса с линией $t = \text{const}$. Пределом процесса У.в.п. является точка пересечения луча с кривой $\varphi = 100\%$.

УДАЛЕНИЕ ИЗ ВОДЫ ЖЕЛЕЗА — реагентный или безреагентный метод очистки, осуществляемый в соответствии с формами и кол-вом железа, а также свойствами и качеством воды. Для обезжелезивания поверхностных вод пользуются, как правило, реагентными методами, подземных — безреагентными.

К реагентным методам У.в.ж. относят: аэрацию, реагентное окисление железа (II) и фильтрование; напорную фло-



Технологические схемы удаления из воды железа

a — упрощенной аэрацией; *b* — с одно- и двухступенчатым фильтрованием; *в* — с глубокой аэрацией с использованием вакуумно-эжекторных аппаратов; *г* — с сухой фильтрацией; *д* — на карбонатных фильтрах; *е* — известкованием; 1 и 9 — подача исходной и отвод обезжелез. воды; 2 — воздухоподатчик; 3 — аэрационное устройство; 4 — повысит. насос; 5 — сброс промывной воды; 6 — скорый фильтр; 7 — установка для фторирования и обеззараживания воды; 8 — вакуумно-эжекторный аппарат; 10 — осветлит. фильтр II ступени; 11 — каркасно-засыпной фильтр; 12 — скорый фильтр с сухой загрузкой; 13 — сброс воздуха; 14 — смесители; 15 — намывной фильтр; 16 — подача намывной воды; 17 — тонкослойный отстойник; 18 — выхлывная камера хлопьеобразования; 19 — сетчатый фильтр; 20 — ввод реагентов

тацию с предварит. известкованием и фильтрованием; известкование с коагулированием или отстаивание в тонком слое и фильтрование; электрокоагуляцию, отстаивание или обработку во взвешенном слое и фильтрование; катионирование; фильтрование через модифициров. загрузку. Реагентные мето-

ды У.в.ж. применяют при низких значениях рН, высокой окисляемости, нестабильности воды. При этом при концентрации серно-кислого или карбонатного железа или комплексных железоорганических соединений, мг/л, рекомендуются следующие методы: до 10 и перманганатной окисляемости до 15 мг O_2/l —

фильтрование через модифициров. загрузку; до 15 и перманганатной окисляемости до 15 мг O_2/l — упрощенная аэрация, обработка ильным окислителем и фильтрование через зернистую загрузку большой грязеемкости; свыше 10 и перманганатной окисляемости свыше 15 мг O_2/l — предварит. известкование с коа-

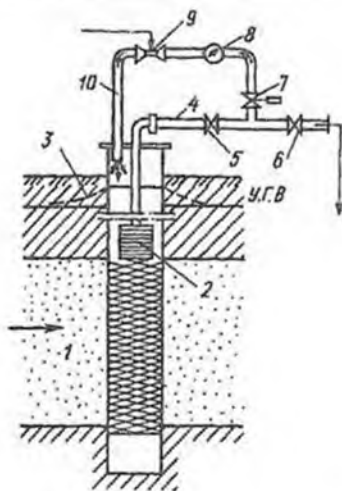


Схема обезжелезивания воды в пласте

1 — водоносный горизонт; 2 — погружной насос; 3 — кривая депрессии при зарядке; 4 — отвод обезжелез. воды; 5 — обратный клапан; 6 — задвижка; 7 — дросселирующий клапан; 8 — расходомер; 9 — эжектор; 10 — подача воздушно-водяной смеси в колодец при зарядке

гулированием или напорная флотация и фильтрование, или известкование с коагулированием, или отстаивание в тонком слое и фильтрование; то же качество исходной воды при произ-сти установки по обезжелезиванию до 1000 м³/сут — электрокоагуляция с барботированием, отстаивание в тонком слое и фильтрование.

У.в.ж. катионированием целесообразно при необходимости одновременного умягчения, при этом ионным обменом могут быть извлечены лишь ионы железа (II).

К безреагентным методам обезжелезивания воды относят следующие: упрощенную аэрацию и фильтрование через зернистую загрузку; глубокую аэрацию и фильтрование; "сухое" фильтрование; упрощенную аэрацию и фильтрование на намывных фильтрах; двойную аэрацию, обработку во взвешенном слое и фильтрование; фильтрование в подземных условиях с предварит. подачей в водоносный пласт окисленной воды; аэрацию и двухступенчатое фильтрование.

Безреагентные методы обезжелезивания могут применяться, когда исходная вода имеет: рН не менее 6; жесткость не менее 1,35 мг-экв/л, перманганатную окисляемость (ОК) до 9,5 мг О₂/л. При концентрации железа (II), мг/л, в бикарбонатной или карбонатной форме рекомендуются следующие методы: до 3 — фильтрование на каркасных фильтрах (рН ≥ 6,8; ОК ≤ 6,5 мг О₂/л; Н₂С ≤ 1 мг/л; СО₂ своб. ≤ 60 мг/л); до 5 — "сухое" фильтрование или обезже-

лезивание в пласте (рН ≥ 6,6; ОК ≤ 6,5 мг О₂/л; Н₂С ≤ 2 мг/л); от 5 до 10 — упрощенная аэрация с одноступенчатым фильтрованием (рН ≥ 6,8; ОК ≤ 6,5 мг О₂/л; Н₂С ≤ 2 мг/л); от 10—20 — глубокая аэрация с использованием вакуумно-эжекционных аппаратов (ВЭА) и двухступенчатое фильтрование или фильтрование на каркасно-засыпных фильтрах; от 20—40 — глубокая аэрация с использованием ВЭА, обработка в слое взвешенного осадка или отстаивание в тонком слое и фильтрование или глубокая аэрация и фильтрование на каркасно-засыпных фильтрах.

При содержании железа (II) более 10 мг/л или содержании Н₂С ≥ 2 мг/л, при рН ≥ 6 рекомендуется метод глубокой аэрации с последующим отстаиванием в тонком слое воды или обработка во взвешенном слое осадка и фильтрование.

При затруднении выбора метода обезжелезивания воды необходимо проведение технологических исследований непосредственно на месте забора воды.

Метод упрощенной аэрации и применим как в гравитационном, так и в напорном варианте в зависимости от производительности установки. Кроме ранее перечисленных показателей метод выбирается исходя из условий, что окислительно-восстановительный потенциал воды после аэрации будет менее -100 мВ и индекс стабильности воды — не менее -0,05. Метод упрощенной аэрации основан на способности воды, содержащей железо (II) и растворенный кислород, при фильтровании через зернистый слой выделять железо на поверхности зерен, образуя каталитическую пленку из ионов и оксидов двух- и трехвалентного железа. Эта пленка активно интенсифицирует процессы окисления и выделения железа из воды. Упрощенная аэрация осуществляется посредством разлива воды с небольшой высоты в карман или центральный канал фильтра или адуванием воздуха в обрабатываемую воду.

Метод "сухой" фильтрации заключается в фильтровании воздушно-водяной эмульсии через "сухую" (незатопленную) зернистую фильтрующую загрузку, образовании в ней вакуума или нагнетании больших объемов воздуха с последующим отсосом из поддонного пространства. При этом на зернах фильтрующей загрузки формируется адсорбционно-каталитическая пленка из соединений железа (и марганца, если он присутствует в воде), повышающая эффективность процессов деманганации и обезжелезивания.

Метод упрощенной аэрации с двухступенчатым фильтрованием предпочтительно применять в напорном варианте. Метод аналогичен описанному ранее. В самом

начале обезжелезивания при поступлении на фильтр первых порций воды, когда загрузка еще чистая, адсорбция соединений железа на ее поверхности происходит в мономолекулярном слое. После образования мономолекулярного слоя процесс выделения соединений железа на зернах песка усиливается вследствие того, что образовавшийся монослой химически более активен, чем чистая поверхность песка.

Метод фильтрования на каркасных фильтрах следует применять для обезжелезивания воды на установках производительностью до 1000 м³/сут. Сущность метода заключается в том, что после окисления железо переходит в осаждающую форму — гидроксид. Гидроксид железа в нижней части аппарата намывается на керамический патрон. Нарастающий на патроне слой гидроксида железа служит контактным материалом для новых постоянно намываемых веществ, а сам патрон выполняет функцию только опорного каркаса для фильтрующего слоя гидроксида железа.

На патронных фильтрах сначала происходит фильтрование с постепенным закупориванием пор фильтрующей перегородки. Такое фильтрование заканчивается по достижении определенного соотношения объема твердых частиц, задержанных в порах, к объему самих пор. Затем начинается фильтрование с образованием первоначального слоя осадка, и на этом заканчивается процесс зарядки фильтров и начинается фильтрование с целью обезжелезивания воды.

Метод аэрации с использованием вакуумно-эжекционных аппаратов заключается в окислении кислородом воздуха закисного железа (II) с образованием коллоида гидроксида железа, его коагулировании при рН, равном 6,8—7, и выделении в осадок в виде бурых хлопьев.

Обезжелезивание воды фильтрованием через модифицированную загрузку основано на увеличении сил адгезии на поверхности зерен фильтрующей загрузки в результате образования на ней пленки из соединений, имеющих более высокое значение константы Ван-дер-Ваальса.

Методика модификации загрузки предусматривает ее последовательную обработку 1,5%-м раствором сернистого железа (II), а затем 0,5%-м раствором перманганата. Суммарная продолжительность контакта — 30 мин.

Обезжелезивание подземных вод в водоносном пласте основано на формировании в нем "зоны осаждения", в пределах которой происходит интенсивное окисление железа и марганца. Такая зона создается закар-

кой в пласт через поглощение скважины питательной воды. В простейшем случае питательная вода представляет собой обезжелезленную подземную воду, насыщенную кислородом. Если же в подземной воде присутствуют трудноокисляемые формы железа и простой аэрацией питательной воды не удастся их удалить, то для интенсификации процесса рекомендуется использовать реагенты. В результате смешения питательной и подземных вод достигается смещение процессов окисления-восстановления в сторону окисления, и железо, гидролизуясь, выпадает в осадок. При этом водовмещающие породы служат фильтрующей средой.

Установка с использованием водозаборной скважины как для отбора обезжелезненной воды, так и для закачки питательной воды в пласт приведена на схеме.

Обезжелезивание воды упрощенной аэрацией, хлорированием и фильтрованием заключается в удалении избытка углекислоты и обогащении воды кислородом при аэрации, что способствует повышению рН и первичному окислению железоорганических соединений. Окончательное разрушение комплексных соединений железа (II) и частичное его окисление достигаются путем введения в обрабатываемую воду окислителя (хлора, озона, перманганата калия и т.п.). Соединения железа (II) и (III) извлекаются из воды при фильтровании ее через зернистую загрузку.

Хлор вводится в водяную подушку через специальную распределительную грубчатую систему; при этом требуется обеспечить необходимую продолжительность контакта окислителя с обрабатываемой водой. В качестве фильтровального аппарата рекомендуются контактные фильтры КФ-5, каркасно-засыпные фильтры, характеризующиеся повышенной проницаемостью. В контактом фильтре КФ-5 фильтрующая загрузка состоит из трех слоев толщиной по 0,6 м: верхний — керамзит или полимеры с крупностью зерен 2,3—3,3 мм; средний — антрацит или доменный шлак с крупностью зерен 1,25—2,3 мм; нижний — кварцевый песок или горельные породы с зернами крупностью 0,8—1,25 мм. Скорость фильтрования — 7 ч, промывка — водовоздушная.

Метод напорной флотации основан на действии молекулярных сил, способствующих слипанию отдельных частиц гидроксида железа с пузырьками тонкодиспергированного в воде воздуха и всплыванию образующихся при этом агрегатов на поверхности воды. Метод флотационного выделения дисперсных и коллоидных примесей природных вод весьма перспективен вследствие резкого сокращения продолжительности процесса

(в 3—4 раза) по сравнению с осаждением или обработкой в слое взвешенного осадка.

Процесс напорно-флотационного разделения хлопьев гидроксида железа можно подразделить на следующие стадии: окисление закисного железа в окисное; растворение воздуха в воде и образование пузырьков; образование комплексов "пузырек воздуха — хлопья гидроксида железа"; подъем этих комплексов на поверхность воды. Каждая стадия оказывает существенное влияние на эффективность и экономичность процесса.

На эффективность процесса всплывания хлопьев при флотационном разделении оказывают влияние концентрация взвешенных веществ (исходная концентрация железа, доза извести), число и размер пузырьков, продолжительность флотации, а также гидродинамические условия.

Удаление высококонцентрированных устойчивых форм железа из воды аэрацией, известкованием, отстаиванием в тонком слое и фильтрованием достигается после полного окисления железа (II) и деструкции комплексных железоорганических соединений при рН не менее 7,1. Процесс выделения соединений железа в тонкослойном отстойнике носит циклический характер, и при этом эффект обезжелезивания воды зависит главным образом от скорости потока в тонкослойных модулях, исходной концентрации железа и дозы щелочного реагента. Для агломерации хлопьев гидроксида железа, оседающих в отстойнике, вместимость камеры хлопьеобразования вихревого типа, совмещенной с отстойником, должна быть такой, чтобы обеспечивать продолжительность пребывания обрабатываемой воды не менее 15 мин.

Обезжелезивание поверхностных вод производят одновременно с осветлением и обесцвечиванием. Железо, находящееся в воде в виде коллоидов, тонкодисперсных взвесей и комплексных органических соединений, удаляется обработкой воды коагулянтами (сульфатом алюминия, хлоридами железа (III) либо смешанным коагулянтном). Для разрушения комплексных органических соединений железа воду обрабатывают хлором, озоном или перманганатом калия. Применение железных коагулянтов обеспечивает более полное удаление железа из воды благодаря интенсивной адсорбции ионов железа на хлопьях $Fe(OH)_3$. Оптимум адсорбции ионов железа как в случае применения алюминиевых, так и железных коагулянтов лежит в интервале значений рН воды 5,7—7,5. Технологическая схема обезжелезивания воды методом коагулирования включает реагентное хозяйство,

смесители, осветлители воды и фильтры.

УДАЛЕНИЕ ИЗ ВОДЫ МАРГАНЦА производят: увеличением окислительно-восстановит. потенциала среды — применением сильных окислителей без корректирования значения рН воды; повышением значения рН воды при недостаточном окислительно-восстановит. потенциале в случае использования слабых окислителей; совместным применением сильного окислителя и повышением значения рН воды. Мн. методы основаны на окислении присутствующего в воде иона двухвалентного марганца до трех- и четырехвалентных, образующих гидроксиды, растворимость к-рых при рН > 7 меньше 0,01 мг/л. Окисление происходит с помощью перманганата калия, озона, хлора и его производных, кислорода воздуха. Кроме того, удаление марганца из воды возможно ионным обменом (H- или Na-катионированием), известково-содовым методом, фильтрованием воды через загрузку из марганцевого цеолита, биохим. методами. Для перехода двухвалентного марганца в оксид марганца должен поддерживаться определен. окислительно-восстановит. потенциал, значение к-рого зависит от требуемой в данном конкретном случае концентрации остаточного марганца и рН среды.

У.и.в.м. методом глубокой аэрации с последующим фильтрованием происходит т.о.: первоначально в вакуумно-эжект. аппарате из воды извлекается диоксид углерода (рН повышается до 8—8,5), затем вода насыщается кислородом воздуха — диспергируется и фильтруется через зернистую загрузку. Технологич. установка состоит из скорых осветлит. фильтров, над уровнем воды к-рых размещены напорные вакуумно-эжект. аппараты. Метод применим при окисляемости исходной воды до 9,5 мг O_2 /л. Эта технология позволяет успешно обеспечивать деманганацию, обезжелезивание и дегазацию воды. Необходимое условие данного метода — присутствие в ней двухвалентного железа, к-рое при окислении раствор. кислородом образует гидроксид железа, адсорбирующий на поверхности двухвалентный марганец и каталитически влияющий на его окисление. Процесс успешно протекает при рН аэриров. воды ниже 8,5 и $E_h \leq 0,4В$. При отсутствии железа в воде необходимо добавлять в воду железный купорос — один из самых дешевых реагентов.

Удаление марганца из подземных вод с высоким значением рН может осуществляться в водоносном пласте. При введении в подземный поток воды, содержащей раствор. кислород, окислением двухвалентных железа и марганца достигается их осаждение и задержание в порах водовме-

щающих пород. Этот метод целесообразно использовать при содержании марганца в подземной воде до 1 мг/л.

Наиболее эффективным и технологически простым методом удаления марганца из вод поверхностных и подземных источников на очистных комплексах любой пропускной способности при любом качестве исходной воды является обработка их перманганатом калия. На удаление 1 мг Mn^{2+} расходуется 1,88 мг $KMnO_4$. В результате применения перманганата калия образуется дисперс. осадок оксида марганца MnO_2 , к-рый, имея большую уд. поверхность до 300 м²/г, является эффективным сорбентом. Обработка воды перманганатом калия снижает привкусы и запахи вследствие частичной сорбции органич. соединений мелкодисперсным хлопьевидным осадком гидроксида марганца. Перманганат калия дает возможность удалить из воды как марганец, так и железо, независимо от их форм. В водах с повышенным содержанием органич. в-в перманганат калия как сильный окислитель позволяет разрушить комплексы (устойчивые органич. соединения) с дальнейшим окислением ионов двухвалентных марганца и железа и коагуляцией продуктов окисления.

Недостаток метода фильтрования азриров. воды через загрузку, обработ. оксидами марганца, — постепенное измельчение частиц, образующих покрытие зерен загрузки, и проскок их в фильтрат. Др. недостаток деманганации фильтрованием через "черный песок" — значит. расход перманганата калия. Существует метод деманганации воды фильтрованием через модифициров. загрузку, к-рая приготавливается последоват. пропуском снизу вверх через кварцевый песок растворов железного купороса и перманганата калия, что дает экономно последнее. Для закрепления образующейся из гидроксида железа и оксида марганца пленки на зернах фильтрующей загрузки последнюю дополнительно обрабатывают тринатрийфосфатом или сульфитом натрия. Обработываемая вода фильтруется сверху вниз со скоростью 8—10 м/ч.

Скорость окисления ионов двухвалентного марганца хлором, озоном, диоксидом хлора зависит от значения рН среды. Хлор — сильный окислитель, однако эффект окисления им марганца может быть достаточно полным при рН = 8...8,5, что требует подщелачивания воды. На окисление 1 мг Mn^{2+} в Mn^{3+} требуется 1,3 мг хлора. Окисление двухвалентного марганца озоном или оксидом четырехвалентного хлора при рН = 6,5...7,5 завершается в течение 10—15 мин, при этом расход озона составляет 1,45, а оксида четырехвалентного хлора — 1,35 мг на 1 кг двухвалентного марганца.

Удаление двухвалентных марганца и железа из воды методом ионного обмена осуществляется ее фильтрованием через катионитовую загрузку Na- или H-катионирования в ходе умягчения воды. Метод целесообразно применять при одновремен. глубоком умягчении воды и освобождении ее от двухвалентных железа и марганца.

Биохим. метод удаления марганца заключается в высевании на зернах загрузки фильтра марганецпотребляющих бактерий и последующем фильтровании обрабатываемой воды. Бактерии поглощают марганец, а отмирая, образуют на зернах песка пористую массу, содержащую большое кол-во оксида марганца — катализатора окисления двухвалентного марганца. Фильтры полностью удаляют из воды марганец при скорости фильтрования до 22 м/ч. Возможно удаление марганца на биофильтрах.

К безреагентным методам очистки воды от марганца относят: глубокую аэрацию с последующей обработкой во взвеш. слое или тонкослойным отстаиванием и фильтрованием, при этом двухвалентный марганец сорбируется на свежобразов. гидроксиде железа; деманганацию в подземных слоях с подачей в пласт окисл. воды или воздуха (технич. кислорода).

УДАЛЕНИЕ ИЗ ВОДЫ МЕТАНА — процесс очистки воды, осуществляемый для предотвращения образования взрывоопасной ситуации при выделении этого газа в помещениях водоочистных комплексов. Для удаления метана (в обычных условиях он хим. инертен) применяются аэрацию, вакуумную, термич., ультразвуковую и биохим. дегазацию. Эти методы могут быть осуществлены созданием развитой поверхности контакта обрабатываемой воды и воздуха, когда парциальное давление метана становится близким к нулю, и созданием условий, при к-рых растворимость метана в воде резко снижается и приближается к нулю. Сущность метода аэрации заключается в резком снижении растворимости и выделении метана из воды вследствие более низкого парциального давления его в воздухе, чем в воде. Простейший способ У.и.в.м. — продувка (барботирование) метансодержащей воды воздухом или переток ее в виде скакда из одной емкости в другую. При этом глубина У.и.в.м. зависит от продолжительности и интенсивности продувки или каскадирования, от темп-ры обрабатываемой воды. Аэрация — экономически целесообразный способ, поскольку не требует доп. расходов на разл. хим. реагенты, ухудшающие качество обрабатываемой воды. Аэрацию следует применять при дегазации малоконцентрир. метансодержащих вод. Однако при больших концен-

трациях метана в воде последний, будучи взрывоопасным газом, легко выделяется из нее и может создать взрывоопасную ситуацию в помещениях очистных сооружений. Кроме того, выделившийся при аэрации газ не утилизируется, а выбрасывается в атмосферу, загрязняя ее.

Сущность вакуумной дегазации в том, что она понижает давление до значения, при к-ром вода кипит и растворимость всех газов падает до нуля. При вакуумировании полностью удаляется выделяющаяся из воды смесь газ — воздух, а также взрывоопасные газы, накопившиеся в дегазаторе. Процесс осуществляется в вакуумных дегазаторах, вакуум в к-рых создают с помощью эжекторов, а выделившийся метан утилизируют.

Углевородороды, загрязняющие подземные воды, в частности метан, подвергают биохим. разложению. Для этого используют присутствующие обычно в таких водах бактерии, потребляющие углевородороды. В спец. скважину подают кислород и питат. в-ва, содержащие азот, фосфор и калий, и после снижения содержания углевородородов до приемлемого уровня очищенную воду отбирают через другую скважину. Этот способ не обеспечивает глубокой очистки воды от метана и требует доп. затрат.

УДАЛЕНИЕ ИЗ ВОДЫ СЕРОВОДОРОДА — процесс очистки воды с целью ее дезодорации и стабилизации физ. (аэрация), хим. (использование сильных окислителей) и биохим. (окисление спец. бактериями) методами. При аэрации вода, содержащая сероводород, приводится в соприкосновение с воздухом, где парциальное давление H_2S близко к нулю; благодаря этому создаются условия, при к-рых растворимость и концентрация H_2S в воде становятся ничтожно малыми. Аэрац. установки, применяемые в технологии очистки воды от сероводорода, делятся на: пленочные дегазационные, представляющие собой колонки, снабженные разл. насадками, по к-рым вода стекает тонкой пленкой; пенные дегазационные; барботажные дегазационные, в к-рых через слой медленно дегазируемой воды продувается сжатый воздух; вакуумные дегазационные, в к-рых с помощью вакуум-насосов, паро- или водоструйных эжекторов создается вакуум, вызывающий кипение воды при данной ее темп-ре.

Хим. метод очистки обеспечивает наиболее полную дегазацию. При этом методе происходят в осн. окисление сероводородных соединений или связывание их с др. молекулами и переход их в менее активную форму в воде, а также окислительно-восстановит. процессы. Сероводород — сравнительно сильный восстановитель, и в зависимости от вида и

кол-во окислителя сероводородные соединения могут быть окислены до свободной серы, тиосульфатов, сульфидов и сульфатов. В отечеств. практике наиболее распространен метод очистки воды от сероводорода хлором. На 1 мг окисляемого сероводорода расходуется 2,1 мг хлора. В результате реакции образуется взвесь коллоидной серы в кол-ве, приблизительно равном кол-ву сероводорода или гидросульфидов. При дозе хлора 8,4 мг на 1 мг сероводорода осн. продуктами реакции являются сульфаты. Для полного удаления сероводорода требуется 5 мг хлора на 1 мг сероводорода. Для очистки воды от серы, полученной в результате хим. реакции, необходимы *коагулянт* и *фильтрование*. Для устранения неприятного запаха после аэрирования и хлорирования рекомендуется фильтрование через активный уголь. Кроме того, для очистки воды от сероводорода применяют диоксид хлора ClO_2 при малых дозах в интервале $\text{pH} = 6,8 \dots 8,5$. Продуктами окисления являются в осн. тиосульфат и сульфат-ионы, а также сера и сульфит-ионы. Окисление сероводорода кислородом воздуха производят только в присутствии катализаторов — соединений переходных металлов, т.е. и их солей, органич. в-в. Хорошо себя зарекомендовали в качестве катализаторов KMnO_4 , FeSO_4 омарганцованный ("черный") песок, активный уголь, графит, дробл. магнетит. Для окисления 1 мг сероводорода требуется 6 мг KMnO_4 . В процессе взаимодействия сероводорода и марганцевокислого калия образуются коллоидная сера и тонкодисперсная взвесь диоксида марганца, придающие воде мутность и бурый цвет, и возникает опасность насыщения воды марганцем и его соединениями. При этом требуется последующая сложная водообработка. В качестве альтернативной применяется очистка воды от сероводорода непрерывным добавлением перманганата калия в фильтры с обработанным марганцем глауконитовым песком, к-рый используют для удаления растворимого железа, марганца и сероводорода, при этом песок регенерируется с помощью перманганата калия. Обработанный марганцем глауконитовый песок получают поочередной промывкой его растворами соли марганца и перманганата калия. Этот песок представляет собой черный гранулиров. минерал, служащий контактной средой окисления и фильтрующим материалом. Известен метод У.и.с.в., заключающийся в непрерывной подаче 1 — 4%-ного раствора перманганата калия перед фильтром на поверхность обработ. марганцем глауконитового песка, покрытого фильтрующим материалом из антрацита толщиной в неск. см. Образующиеся нерастворимые продукты задерживаются *фильтром*. Если

доза перманганата калия недостаточна, то обработ. марганцем глауконитовый песок может удалить неокисленные водородные соединения; если слишком велика, то песок использует избыток перманганата калия для своей регенерации. В ходе реакции перманганат калия восстанавливается до нерастворимого гидроксид марганца, к-рый действует и как *коагулянт*, и как адсорбент.

Хорошо известна технология удаления из воды сероводорода с использованием диоксида водорода. В результате обработки им воды образуется сера, при дальнейшем фильтровании воды через активиров. уголь исчезают запах и цвет, увеличивается кол-во растворенного кислорода, что облегчает дальнейшую очистку воды от сероводорода. Для очистки воды от последнего применяют гидроксид железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$. При добавлении к воде суспензии гидроксида железа происходит связывание сероводорода гидросульфидных ионов с образованием сульфида железа. Его осадок отделяют от воды отстаиванием, после чего он может быть регенерирован продувкой воздухом. Одна и та же суспензия гидроксида железа может быть многократно использована с нек-рым добавлением солей железа FeCl_2 и FeSO_4 . При применении этого метода достигается практически полная очистка воды от сероводорода.

Сравнительно сильным окислителем для сероводородных соединений в воде является озон. При обработке воды озоном одновременно достигаются ее обеззараживание, дезодорация и обезжелезивание. Расход озона составляет 0,5 мг на 1 мг сероводорода. Сероводородные соединения окисляются до элементарной серы, а при расходе 1,37 мг озона на 1 мг сероводорода процесс окисления сероводорода заканчивается образованием серной к-ты. Для очистки воды от сероводорода применяют сорбционные методы. В качестве адсорбентов в большинстве случаев используют древесные активные угли: БАУ, ДАК, ОУ, АГ-3. Вместе с активными углями можно применять разл. окислители O_3 , ClO_2 , KMnO_4 , что позволяет сократить общий расход и объем *сорбентов* и реагентов. На процесс адсорбции существ. влияют структура угля (в осн. объем микропор), концентрация сероводорода в исходной воде, а также структура оксидов, образующихся на поверхности угля в процессе адсорбции сероводорода. Эти методы реализуют на угольных открытых или напорных фильтрах с предварит. вводом окислителя в обрабатываемую воду.

При биохим. очистке воды от сероводорода окисление его происходит в результате жизнедеятельности серобактерий *активного шла*, часто встречающихся в серных источниках, почве и биопленке.

Для массового развития этих организмов необходимо присутствие в воде сероводорода и кислорода, а также биогенных в-в, фосфора, калия. В ряде случаев микроорганизмы плохо развиваются, если отсутствуют некоторые элементы: железо, магний, цинк, медь, молибден, бор, марганец, кобальт.

Биохим. метод реализуют, применяя двухступенчатую схему — аэроокислитель (аэрофильтр, *аэротенк-смеситель* — вторичный *отстойник*, реактор биохим. окисления) и скорый фильтр. Во избежание образования анаэробных условий в нижних слоях загрузки фильтра и для предупреждения восстановления там соединений серы до сероводорода рекомендуется введение хлора в водяную подушку фильтра или периодич. продувка загрузки сжатым воздухом снизу вверх.

УДАЛЕНИЕ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИОННЫМ ОБМЕНОМ — может осуществляться как сильнокислотными (в водородной форме), так и слабокислотными (в натриевой форме) катионитами. Тяжелые металлы — медь, цинк, никель, кадмий и др. могут содержаться в сточных водах раздельно или в смесях в различных комбинациях и колич. соотношениях. Рекомендуются следующие марки катионитов: КУ-2, КБ-4, сульфуголь, КУ-1. На катионирование применяют преимущественно при извлечении ионов тяжелых металлов из разл. однокомпонентных р-ров для последующей утилизации их соединений. Для очистки многокомпонентных слабоконцентриров. сточных вод применяют в основном Н-катионирование. Эффективность и экономичность извлечения указ. ионов методом ионного обмена зависит от их концентрации в сточных водах, величины pH , общей минерализации воды, от наличия и концентрации ионов кальция и железа. Увеличение общей минерализации сточных вод существенно снижает емкость сульфокатионитов и незначительно сказывается на емкости карбоксильных катионитов. Однако карбоксильные катиониты могут применяться только при очистке нейтр. или слабощелочных сточных вод.

Сильнокислотные сульфокатиониты эффективно извлекают ионы цинка в широком диапазоне значений pH , в т.ч. из кислых сред. Регенерация насыщенных сульфокатионитов производится 10%-ми р-рами серной к-ты, карбоксильные катиониты могут регенерироваться 5%-м р-ром Na_2SO_4 . Концентрация цинка в элюатах незначительна и достигает лишь 6—9 г/л. Ионы меди из сточных вод могут быть полностью выделены на катионите КУ-1. Сорбц. емкость этого катионита по

меди при щелочной реакции воды ($pH = 12...12,4$) составляет 37—50 г на 1 л набухшей смолы. Рекомендуется регенерировать отработ. катионит 5%-м р-ром соляной к-ты. Содержание меди в элюатах достигает 15—17 г/л. Сорбция меди из кислых сточных вод катионитом КУ-1 подавляется. В таких случаях целесообразно применять сильноокислотные катиониты. Их регенерацию возможно осуществлять 10—20%-м р-ром серной к-ты. Извлечение ионов никеля из сточных вод эффективно осуществляется на катионите КУ-2-8. Скорость фильтрования сточных вод 12—15 м/ч. Регенерация катионита производится 20%-м р-ром серной к-ты со скоростью 0,5 м/ч при расходе регенерирующего р-ра 2 л на 1 кг загрузки (0,45 кг H_2SO_4 на 1 кг катионита). Концентрация сульфата никеля в элюате достигает 250 г/л (95 г/л по никелю). Получ. при регенерации элюаты могут быть использованы в процессах никелирования.

При наличии в сточных водах сложных смесей катионов большое значение имеет селективность их поглощения катионитами. При обмене на сильноокислотном катионите КУ-2 установлен след. ряд катионов по энергии их вытеснения одного др.: $H^+ < Na^+ < NH_4^+ < Mg^{2+} < Zn^{2+} < Co^{2+} < Cu^{2+} < Cd^{2+} < Ni^{2+} < Ca^{2+} < Cr^{2+} < Pb^{2+} < Ba^{2+}$. При обмене на слабоокислотном катионите КБ-4 ряд катионов отличается от приведенного выше: $Mg^{2+} < Ca^{2+} < Ni^{2+} < Co^{2+} < Cu^{2+}$. Из катионов Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} и Cr^{3+} наименее сорбируемый катион цинка; в системе медь—никель — ион меди. При извлечении ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} из сточных вод заводов цветных металлов с суммарным их содержанием 13 мг-экв/л полная динамич. обменная емкость катионита КУ-2-8 по ионам Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} равна соответственно 0,095; 0,35; 1,35; 2,55 мг-экв/г (суммарно 4,345 мг-экв/г). При совместном присутствии всех указ. катионов система рассчитывается как однокомпонентная по наименее сорбируемому иону (Zn^{2+}), принимая его концентрацию равной сумме концентраций всех извлекаемых катионов, а емкость катиона равной емкости его по этому же катиону при сорбции из индивид. его р-ра. При включении в воде ионов кальция в значит. концентрациях применение для регенерации катионитов р-ров серной к-ты или сульфата натрия связано с образованием малорастворимого $CaSO_4$ и загипсовыванием слоя ионита. В этих случаях регенерацию катионитов рекомендуется проводить р-рами соляной к-ты и хлористого натрия.

При ионообм. очистке сточных вод, содержащих катионы мн. металлов, элюаты от регенерации катионитов представляют собой кислые р-ры смеси солей

этих металлов. Переработка таких элюатов с целью выделения и утилизации отд. металлов — задача сложная и часто экономически нецелесообразная. Обычно их подвергают реагентной обработке вместе с концентриров. отходами произ-ва (в гальванич. производствах — отработ. электролиты и р-ры от обработки металлов). Элюаты, образующиеся от регенерации катионитов в процессах извлечения ионов металлов из их индивид. р-ров, могут утилизироваться в виде р-ров этих солей или перерабатываться с извлечением чистых металлов. Так, напр., металл. кадмий может извлекаться из его сернокислых р-ров электролизом при использовании катодов из алюминия. При плотности тока 75 А/м² и расстоянии между электродами 5 см степень извлечения кадмия составляет 90—96% при катодном выходе по току 90—93%. Уд. расход электроэнергии составляет 1,6 кВт·ч на 1 кг кадмия. После извлечения катионов металлов вода, выходящая из катионитовых фильтров, имеет кислую реакцию. Для нейтрализации и деминерализации ее с целью повторного использования в произ-ве Н-катиониров. воду подвергают анионированию на слабоосновном анионите в гидроксильной форме (АН-2Ф, АН-22, АН-31).

УДАЛЕНИЕ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ФЕНОЛОВ (КАРБОНОВОЙ К-ТЫ) ИОННЫМ ОБМЕНОМ — может осуществляться как катионитами, так и анионитами. Катионирование применяется для обесфеноливания минерализов. кислых и нейтральных сточных вод, анионирование — слабоминерализов. сточных вод. Рекомендуются следующие марки ионитов: сульфуголь, КУ-1, ЭДЭ-10П, АВ-17.

Емкость сильноосновного анионита АВ-17 по фенолу в интервале значений pH 6—12 постоянна. Анионит промежуточной основности ЭДЭ-10П имеет макс. емкость при величине pH 8,5. Обесфеноливание сточных вод производится фильтрованием их через плотные слои ионитов со скоростью 8—10 м/ч при концентрациях фенола до 1 г/л и 2—3 м/ч при концентрациях 3—15 г/л. Регенерация анионитов, насыщ. фенолом, производится 4—10%-ми водными или водно-спиртовыми (метанольными) р-рами едкого натра при скорости их протока через ионит 0,5—0,8 м/ч. Содержание фенола в наиболее концентриров. фракциях элюатов составляет 5%. Эти фракции могут быть использованы в произ-ве сырого фенола. Расход едкого натра зависит от степени регенерации анионитов. Для 60% извлечения фенола при регенерации анионита ЭДЭ-10П требуется 10-кратный, а при регенерации анионита АВ-17-7 — 5-кратный расход

щелочи по сравнению с теоретич. Расход едкого натра уменьшается при использовании в процессах регенерации водно-спиртовых растворов. Катиониты, используемые для обесфеноливания сточных вод, регенерируются метанолом при скорости элюирования 0,3—0,5 м/ч. Общий расход метанола зависит от исходной концентрации фенола в сточных водах и составляет 15—20 л на 1 кг извлеч. фенола. Макс. концентрация фенола в элюате достигает 9%. Расход воды на отмывку катионита после регенерации — 0,4—0,6 объема на 1 объем загрузки. После ректификации в щелочной среде метанол может быть использован повторно в процессах регенерации катионита, а фенолят натрия утилизируется для получения фенола. Сточные воды после обесфеноливания Н-катионированием имеют кислую реакцию. Для нейтрализации и деминерализации с целью возврата их в произ-во они подвергаются ОН-катионированию на слабоосновном анионите.

УДАЛЕНИЕ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ХРОМАТОВ ИОННЫМ ОБМЕНОМ — осуществляется как катионитами, так и анионитами. Хром в сточных водах присутствует в основном в 6-валентном состоянии (хромат — CrO_4^{2-} и бихромат-ион- $Cr_2O_7^{2-}$), а также в виде катионов 3-валентного Cr_3 . Для извлечения соединений 6-валентного хрома используются аниониты, 3-валентного хрома — катиониты.

Очистка сточных вод от 3-валентного хрома производится совместно с извлечением катионов др. металлов. Для извлечения хромат- и бихромат-ионов рекомендуется использование сильноосновного анионита АВ-17, а также слабоосновных анионитов АН-18П и АН-251. Установлен след. ряд анионитов сильных к-т по энергии их поглощения сильноосновным анионитом АВ-17: $Cr_2O_7^{2-} > CrO_4^{2-} > SO_4^{2-} > NO_3^- > Cl^-$. Уменьшение поглощаемости анионитов в этом ряду связано со строением и валентностью обмениваемых анионов. Последовательность расположения ионов в ряду поглощаемости сохраняется такой же и для слабоосновных анионитов (АН-18-10П). Т.о., при извлечении хроматов из сточных вод содержащиеся в них сульфаты, хлориды и нитраты могут вытесняться из анионита хромат-ионами. Однако использование обменной емкости смолы по хромат-ионам в значит. степени зависит от наличия др. анионов и соотношения между ними.

Отсутствие нитрат-ионов в подвержаемом очистке стоке ведет к увеличению рабочей обменной емкости по хромат-ионам до 50%. При извлечении хроматов из сточных вод с малым содержанием др. анионов сильных к-т динамич. обменная емкость анионитов АВ-17-8, АВ-17-16 и

АН-18 по 6-валентному хрому до проскака составляет соответственно, г-экв/м³: 720—780; 480—550; 450—780.

Емкость анионитов как слабоосновных, так и сильноосновных по хрому не зависит от величины рН в пределах 1—6 и значительно снижается с увеличением значения рН до 6. Регенерация сильноосновных анионитов при извлечении соединений хрома проводится 8—10%-м, слабоосновных анионитов 4—6%-м р-ром едкого натра. При этом расход элюента значительно выше теоретич. Элюенты от регенерации анионитов содержат до 40—50 г/л 6-валентного хрома. Такие элюенты могут быть утилизированы или подвергнуты обезвреживанию реагентными или электрохим. способами. Из-за низкой селективности используемых при очистке хромсодержащих сточных вод анионитов АВ-17 и АН-18-10П элюаты от регенерации представляют собой р-ры смесей натриевых солей разл. к-т с большим избытком щелочи. Для получения утилизируемых соединений хрома такие р-ры требуют применения чрезвычайно сложной технологии переработки. Использование для извлечения хрома высокоселективных слабоосновных анионитов АН-251 и его аналога ВП-1П в солевой (в сульфатной) форме, обладающих высокой динамич. обменной емкостью, на 20—25% превышающей ДОЕ АВ-17 и АН-18-10П (для АН-251 она составляет 60—65 г на 1 л набухшей смолы — 1100—1200 г-экв/м³) с последующей регенерацией их 4—8%-ми р-рами гидроксида натрия, позволяет получать р-ры хромата натрия с концентрацией хрома более 40 г/л с миним. содержанием постор. примесей без избытка щелочи и значительно снизить ее расход на регенерацию. Установка для извлечения хрома из сточных вод должна включать механич. фильтры (при наличии в сточной воде 8 мг/л грубодисперсных примесей), адсорбц. (при содержании эфирорастворимых 5 мг/л), Н-катионитовые и анионитовые фильтры.

УДАЛЕНИЕ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ЦИАНИДОВ ИОННЫМ ОБМЕНОМ — осуществляется сильноосновным анионитом. Цианиды — соли цианистоводородной (синильной) к-ты — в сточных водах присутствуют в виде простых (CN⁻) и комплексных $Me(CN)_m^{n-}$ анионов, где Me — катион меди, цинка, кадмия, золота, серебра, m — число цианид-ионов, равное 2, 3, 4, ..., n — валентность комплексного аниона, равная -1, -2, -3, ... Для обработки сточных вод, имеющих щелочную реакцию, применяются аниониты в солевой форме; для нейтр. и кислых (случай, встречающийся редко) сточных вод анионооб. смолы применяются как в солевой, так и в гидроксильной форме. При использовании анионитов в солевой фор-

ме для извлечения из сточных вод с высоким значением рН простых цианидов можно применять только сильноосновные аниониты. Емкость слабоосновных анионитов по цианид-ионам в солевой форме незначительна. В нейтр. или слабобазисных р-рах цианиды находятся в виде слабодиссоцииров. синильной к-ты ($K_{дисс} = 4,5 \cdot 10^{-10}$, рК = 9,31). Т.к. ионный обмен возможен только при одноврем. диссоциации как к-ты, так и функцию. групп смолы, необходимо, чтобы между цианидами (синильной к-той) и анионитом в гидроксильной форме соблюдалось неравенство: $14 - pK \text{ катионита} > pK \text{ к-ты}$. Учитывая, что рК слабоосновных анионитов находится в пределах 7—9, это неравенство не соблюдается, и такие аниониты в гидроксильной форме также не могут поглощать цианиды из сточных вод. При сорбции цианидов сильноосновными анионитами в гидроксильной форме (рК ионитов равно 0—1) это неравенство соблюдается и последние эффективно поглощают цианиды из нейтр. и слабобазисных р-ров. При сорбции цианидов смолами в солевой форме из нейтр. или слабобазисных стоков одним из продуктов реакции обмена является синильная к-та, к-рая полностью сдвигает равновесие обмена влево и взаимодействия между анионитом и синильной к-той не происходит. При выборе формы анионита для извлечения цианидов и оптим. значения рН стоков, подаваемых на иониты, следует учитывать, что сорбция цианидов анионитами в солевой (хлоридной) форме из щелочной среды проходит с выделением сильного электролита (хлоридов), к-рый сдвигает равновесие реакции влево. В то же время сорбция цианидов из нейтральных или слабобазисных сред анионитами в гидроксильной форме идет с образованием воды. Поэтому емкость анионитов в гидроксильной форме выше, чем в солевой. Т.о. процесс извлечения цианидов из сточных вод целесообразно проводить при работе смолы в гидроксильной форме при подаче на иониты сточных вод, имеющих нейтр. или кислую реакцию. При высоком значении рН исходной сточной воды перед подачей на анионит ее подвергают Н-катионированию, в результате чего величина рН воды перед поступлением на анионит снижается и извлечение цианидов на анионите происходит в наиболее благоприятных условиях. При сорбции простых цианидов одна гидратиров. активная группа смолы присоединяет только один цианид-ион, в то время как при взаимодействии с комплексными анионами она поглощает их в 1,5—2 раза больше. Кроме того, при увеличении валентности сорбируемого иона степень сродства к аниониту возрастает. Поэтому многовалентные анионы цианистых комплексов поглощают смо-

лами в большей степени, чем простые, одновалентные и емкость анионитов по цианидам больше при поглощении из р-ров цианистых комплексов. Для извлечения цианидов из сточных вод рекомендуются: сильноосновный анионит АВ-17 и анионит средней основности ЭДЭ-10П. При очистке сточных вод, содержащих цианиды, связ. в комплекс с медью, обменная емкость АВ-17 до проскака составляет: по меди 37,5—74 мг/г (3,7—7,4% массы смолы), по цианид-ионам 48—115 мг/г (5—11,5 массы смолы). Аниониты сильных к-т значительно снижают емкость анионита АВ-17 по цианидам. Для предотвращения этого рекомендуется перед анионированием на сильноосновном анионите подвергать воду предварит. анионированию на слабоосновном анионите для извлечения анионов сильных к-т. Регенерация сильноосновного анионита, насыщ. по цианид-ионам, производится 5—10%-ми р-рами едкого натра или хлористого натрия. Десорбция цианидов проходит не полностью (простые цианиды десорбируются на 80—90, комплексные на 42—78%). Достижение большей полноты регенерации требует значит. расхода регенерирующих р-ров. Элюаты от регенерации ионитов содержат до 10—15 г/л цианидов и могут быть утилизваны в произ-ве или обезврежены электрохим. либо реагентными методами.

УДАЛЕНИЕ ИЛА И ОСАДКА ИЗ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ — процесс удаления из *песколовок*, *первичных* и *вторичных отстойников* очистных сооружений всплывающих и оседающих в-в. Принцип действия и конструкции устройств для удаления выдел. взвеш. в-в зависит от типа песколовок и отстойников, кол-ва и структуры (консистенции) осадков. При очистке бытовых сточных вод кол-во песка определяется из норм $0,02 \text{ л/л}$ (чел/сут). При влажности песка 60% его плотность — $1,5 \text{ т/м}^3$. Крупность частиц, задерживающихся в песколловках, составляет $0,2—0,25 \text{ мм}$. Однако в осадке, остающемся в песколловках, помимо песка содержится более крупные включения из отбросов, к-рые по гидравлич. крупности соответствуют его частицам ($18—24 \text{ мм/с}$). Для снижения кол-ва отбросов, затрудняющих обработку и утилизацию песка, прибегают к азрированию воды в песколловках, что способствует отмывке отбросов от песка. Осадок первичных отстойников имеет пастообразную структуру. Его кол-во в бытовых сточных водах составляет около $200—300 \text{ мг/л}$. Эффективность задержания в отстойниках — 40—60%. При периодич. удалении осадка из первичных отстойников влажность его колеблется в пределах 94—95%. Тяжелые осадки пром. сточных вод (прокатных цехов, за-

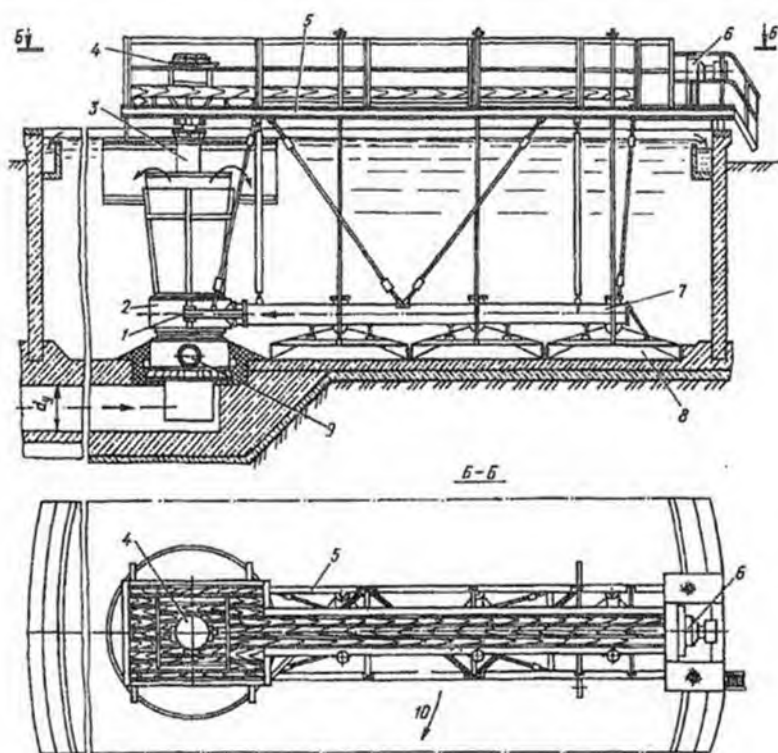
водов черной металлургии, цехов грануляции шлака и т.д.), к-рые выделяются в первичных отстойниках, имеют крупнозернистую структуру с диаметром частиц более 1 мм. Этот осадок малоподвижен и имеет плотность 2,2—3,3 г/м³. Иловые смеси, разделяемые во вторичных отстойниках после сооружений биологич. очистки (азротенков и биофильтров), представляют собой суспензии с концентрацией 2—6 г/л. Они образуют очень подвижные осадки с влажностью 99—99,6%. Их объем составляет 20—40% объема обрабатываемой иловой смеси.

Помимо оседающих в-в в сточных водах содержится значит. кол-во жиров и нефтепродуктов, к-рые всплывают при отстаивании. Их кол-во и структура зависят от вида сточных вод. В бытовых сточных водах кол-во жиров и нефтепродуктов обычно не превышает 30—40 мг/л, однако в сточных водах нефтеперерабатывающих заводов концентрация нефтепродуктов может достигать 5000—10 000 мг/л.

В зависимости от вида осадка, его кол-ва и конструкции песколовков и отстойников устройства для удаления осадков разделяют на ряд типов: гидравлич. в виде труб, по к-рым разжиж. осадок удаляется самотеком под гидростатич. давлением или с помощью центробежных или плунжерных насосов; эжекторные; эрлифтные; струйные. Гидравлич. устройства (эжекторные и струйные) широко используют для удаления зернистых осадков (напр., из песколовков). Самотечные трубы и эрлифты применяют для удаления пастообразных и сравнительно легких осадков из первичных и вторичных отстойников. Гидравлич. устройства (за исключением струйных), как правило, применяют в вертикал. отстойниках, где осадок концентрируется у центра сооружения. Механич. устройства для удаления осадка в осн. обеспечивают сгребание осадков с днаща к приемкам, откуда их удаляют гидравлич. способом. Обычно эти устройства обеспечивают и удаление всплывших в-в с поверхности воды в отстойниках.

В зависимости от формы резервуара отстойника применяют след. устройства для удаления осадков: для прямоугольных горизонт. — скребковый механизм с подвижной тележкой, скребковый цепной механизм; для круглых радиальных — вращающиеся скребковые механизмы с центр. или периферийным приводом, спиральные скребковые механизмы, илососы с удалением осадка под гидростатич. давлением. Последние преимущественно используют для удаления ила из вторичных отстойников.

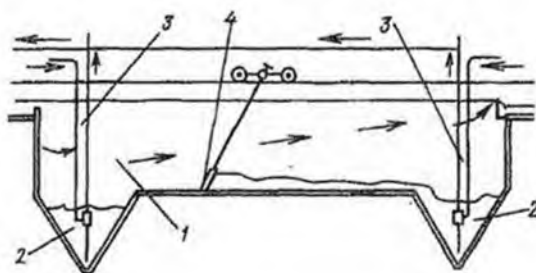
УДАЛЕНИЕ ИЛА ИЗ ВТОРИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ — процесс,



предназнач. для разделения иловых смесей после сооружений биологич. очистки. Осевший **активный ил** (из азротенков) или биопленка (из биофильтров) представляет собой довольно подвижную суспензию и поэтому удаляется из отстойников преимущественно гидравлич. методами: из осадочной части вторичных вертикал. отстойников — с помощью самотечных иловых труб или эрлифтами; из радиальных и горизонт. отстойников — илососами. Для малых и средних очистных сооружений в качестве вторичных отстойников после азротенков обычно используют вертикальные отстойники. Непрерывное удаление ила осуществляется эрлифтами, к-рые опускаются непосредственно в приемки и подают циркуляц. ил в лотки или трубы, по к-рым он возвращается в азротенки. В радиальных отстойниках илососы под-

Илосос для вторичного радиального отстойника
1 — специальная вилка, удерживающая камеру от вертикал. перемещений; 2 — вращающаяся центральная камера; 3 — центральная опора; 4 — кольцевой токоприемник; 5 — фермы моста; 6 — привод; 7 — илоприемная трубка; 8 — сосуны для ила; 9 — трубка для отвода ила; 10 — направление вращения илососа

вешивают к вращающейся ферме. Приемные отверстия или ковши илососов размещают у дна. Ковши присоединены к радиальному располож. трубе илососа, к-рая сообщается с вращающейся центр. камерой. В ковши ил поступает под гидростатич. давлением, к-рое обеспечивается перепадом в уровнях воды между отстойником и внешн. иловой камерой. Из центр. камеры предусмотрен отвод ила по дюкеру к иловой камере с регулируемым водосливом, к-рая расположена вне отстойника, откуда ил поступает в циркуляц. насосную станцию и далее в азротенк.



Вторичный отстойник с илососом
1 — зона отстаивания; 2 — иловые приемки; 3 — эрлифты; 4 — илосос

Илосос непрерывно вращается и обеспечивает пост. отвод ила из сооружения. Из вторичных горизонт. отстойников ил удаляется илоскребами, к-рые аналогичны механизмам, применяемым для первичных отстойников. Для бесперебойной откачки осадка из вторичных отстойников с илоскребами устраивают несколько приемков, оборудов. эрлифтами.

УДАЛЕНИЕ ИЛА ИЗ ПЕРВИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ — см. *Отстойник вертикальный, Отстойник с вращающимся устройством для распределения и сбора воды, Отстойник тонкослойный.*

УДАЛЕНИЕ ОСАДКА ИЗ ПЕСКОЛОВОК — процесс удаления песка гидроэлеваторами, представляющими собой водоструйный насос, в к-ром рабочей струей засасывается осадок и вместе с водой транспортируется за пределы сооружения. Рабочая жидкость (сточная вода после песколовок) насосом подается в напорный патрубок и далее в сопло, при этом в смесит. камере создается разрежение. В результате этого через всасывающий раструб из приемка подсасывается осадок, к-рый, смешиваясь в камере с рабочей жидкостью, проходит через диффузор и по отводной трубе поступает на песковые площадки или бункеры для песка. Гидроэлеваторы работают периодически. Бункеры, имеющие цилиндрич. форму

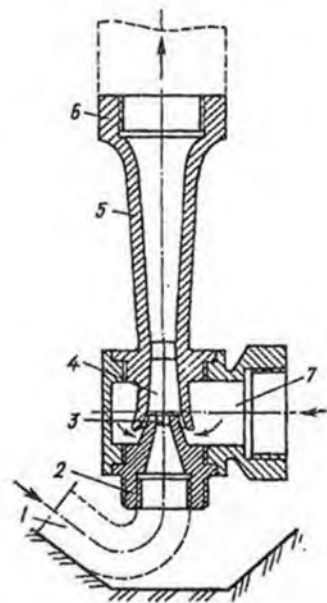
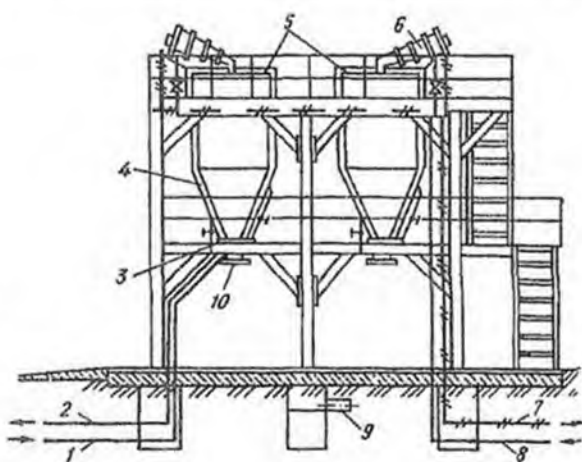


Схема гидроэлеватора

1 — напорный трубопровод; 2 — напорный патрубок; 3 — сопло; 4 — смесит. камера; 5 — диффузор; 6 — отводной патрубок; 7 — всасывающая камера

Бункеры для песка

1 — трубопроводы для подвода воды в систему отопления; 2 — для отвода воды из системы отопления; 3 — затвор с электроприводом; 4 — теплоизоляция; 5 — бункеры; 6 — гидроциклон; 7 — для отвода воды от гидроциклонов; 8 — для подвода пульты к гидроциклонам; 9 — патрубок для спуска воды в канализацию; 10 — выпускное отверстие с затвором



диаметром до 2 м, предназначены для накопления и отмывки песка от органич. примесей и рассчитаны на хранение песка в течение 2—9 сут. Для удобства разгрузки их располагают на эстакаде и оборудуют электрифициров. затворами в нижней части и устройствами для отвода дренажной воды. Для отмывки песка применяют напорные гидроциклоны диаметром 300 мм при напоре перед аппаратом 20 м вод.ст.

В горизонт. песколовах скребковые механизмы перемещают осадок к приемку у входа воды в сооружение. Лебедка подтягивает тележку со скребком к приемку и затем отводит ее в противоположный конец сооружения. При движении тележки от приемка скребок автоматически приподнимается над осадком или поворачивается. Применяют и модификации аналогичных скребковых механизмов с самоходными тележками, к-рые также обеспечивают реверсивный ход. При целом механизме на 2 парал. и синхронно вращающиеся цепи навешивают ряд скребков. При подключении электрич. привода к одной из пар звездочек, на к-рые навешены цепи, скребки движутся к приемку, перемещая туда осадок. Из приемка осадок удаляют гидроэлеватором в песковые бункеры или на песковые площадки.

Более просто в эксплуатации гидро-механич. устройство для удаления песка, представляющее собой трубу, располож. у дна песколовки. К ней по образующей присоединены под определенным углом патрубки с соплами, к-рые направлены к приемку. В трубу под напором подается рабочая жидкость, к-рая, выходя из сопел с большой скоростью, размывает осадок (песок) и сдвигает его к приемку, откуда он откачивается гидроэлеватором. Одновременно с перемещением под действием струй воды происходит отмывка песка от органич. включений, что позволяет использовать его в стр-ве. За рубежом на

небольших очистных станциях применяют круглые (тангенциальные) песколовки, оборудованные шнековым подъемником песка, к-рый одновременно обеспечивает его отмывку.

УДЕЛЬНАЯ ОТОПИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗДАНИЙ — потери теплоты через наружные ограждения зданий, отнесенные к его наружному объему и расчетной разности темп-р. У.о.х.з., Вт/(м³·°C) определяется выражением

$$q_{н.о} = Q_{от}^0 / [V_n(t_{в}^0 - t_{н.о}^0)],$$

где $Q_{от}^0$ — расчетные теплотопотери зданием, Вт; V_n — наружный объем здания, м³; $t_{в}^0$ и $t_{н.о}^0$ — расчетная внутр. и наружная (для отопления) темп-ра воздуха.

Значения У.о.х.з. зависят от формы здания (в осн. от отношения площади наружных поверхностей к объему) и термич. сопротивлений конструкций. Ее рассчитывают с учетом теплотопотерь через наружные стены, окна, покрытия и чердачные перекрытия, перекрытия над подвалами и подпольями (полы) по ф-ле

$$q_{н.о} = 1/V_n (F_{ст}/R_{ст} + F_{ок}/R_{ок} + \\ + n_{пок}F_{пок}/R_{пок} + n_{пол}F_{пол}/R_{пол}),$$

где $F_{ст}$, $F_{ок}$, $F_{пок}$, $F_{пол}$ — площади поверхности наружных стен, окон (включая балконные двери), чердачных покрытий, полов, м²; $R_{ст}$, $R_{ок}$, $R_{пок}$, $R_{пол}$ — термич. сопротивления этих конструкций, м²·°C/Вт; $n_{пок}$ и $n_{пол}$ — коэфф., учитывающие снижение расчетной разности темп-р при теплотопотерях через покрытия и полы; $n_{пок}$ 0,9—1 и $n_{пол}$ 0,4—0,9.

Осн. ограждающие конструкции (кроме заполнений световых проемов)

должны иметь термич. сопротивления не ниже нормируемых значений, определяемых сан.-гигиенич. требованиями. Их нормируют по макс. разности между расчетной темп-рой внутр. воздуха в помещении и темп-рой поверхности ограждения. Для наружных стен жилых зданий эта разность принимается $\Delta t_k^{вн} = t_{вн}^{вн} - t_{к}^{вн} = 6^{\circ}\text{C}$. Исходя из этого норматива по ур-нию *теплопередачи* определяют термич. сопротивление стен

$$q = (t_{вн}^{вн} - t_{к.о}^{вн}) / R_{ст} = (t_{вн}^{вн} - t_{к}^{вн}) / \alpha_{вн},$$

откуда

$$R_{ст} = (t_{вн}^{вн} - t_{к.о}^{вн}) / [\alpha_{вн}(t_{вн}^{вн} - t_{к}^{вн})],$$

где $\alpha_{вн}$ — коэфф. *теплотдачи* от воздуха к внутр. поверхности стены, равный $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$. При определении $R_{пок}$ и $R_{пол}$ расчетная ф-ла примет вид

$$R = [l(t_{вн}^{вн} - t_{к.о}^{вн})] / [\alpha_{вн}(t_{вн}^{вн} - t_{к}^{вн})].$$

Для покрытий принимается $\Delta t_{пок}^{вн} = 4-5,5^{\circ}\text{C}$, для перекрытий пола $t_{пол} = 2-2,5^{\circ}\text{C}$.

Степень остекления здания определяется необходимой освещенностью его помещений. Для жилых зданий $F_{ок}/F_{ст}$ равно $0,11-0,33$. Термич. сопротивления окон зависят от их конструкций и в осн. от кол-ва слоев стекла (1, 2, 3). Для жилых зданий $R_{ок}^{вн}$, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, равно: при $t_{к.о} \geq -7^{\circ}\text{C}$ — $0,17$; при $-7^{\circ}\text{C} > t_{к.о} \geq -26$ — $0,39$; при $-26^{\circ}\text{C} > t_{к.о} \geq -31$ — $0,42$. Оптим. термич. сопротивления ограждающих конструкций зданий определяют технико-экономич. расчетом, но они должны быть не ниже приведен. выше миним. значений.

Для обществ. зданий У.о.х.з. имеют большой разброс и существенно зависят от их назначения и степени остекления. Разнообразные конфигурации зданий не позволяют для расчета $g_{н.о}$ использовать укрупн. аналитич. зависимости, их определяют по проектам отопления, классифицируют и в обобщ. виде приводят в справочной лит-ре. Помимо отопит. хар-к зданий, определяющих расход теплоты на отопление, используют вентиляц. хар-ки, по к-рым рассчитывают расход теплоты на вентиляцию. Уд. вентиляц. хар-ка здания

$$q_{в} = Q_{в}^0 / [V_{н}(t_{вн}^{вн} - t_{к.о}^{вн})].$$

В жилых зданиях приточную вентиляцию не строят, т.к. воздухообмен происходит благодаря инфильтрации. Если поступление воздуха в помещение при этом недостаточно, то дополнит. его

кол-во может быть обеспечено аэрацией помещений через окна, форточки. При естеств. вентиляции воздух нагревается системой отопления зданий и соответствующий расход теплоты включается в отопит. нагрузку, к-рую учитывают, вводя уд. вентиляц. хар-ку жилых зданий $q_{в}^* = K_{ж} l_{уд} C_{в} / V_{пол}$, где $K_{ж} = F_{ж} / F_{пол}$ — коэфф., равный отношению жилой площади квартир к их общей (полезной) площади; $V_{пол} = V_{н} / F_{пол}$ — объемный коэфф. здания, равный отношению наружного объема здания к его полезной площади; $l_{уд}$ — кол-во наружного воздуха, м^3 , поступающего на 1 м^2 жилой площади в 1 ч (по санитарным нормам $l_{уд} = 3$); $C_{в}$ — уд. объемная теплоемкость воздуха, равная $1,26 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$. При средних значениях коэфф. $K_{ж}$ и $V_{пол}$ уд. вентиляц. хар-ка жилых зданий равна $0,14-0,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

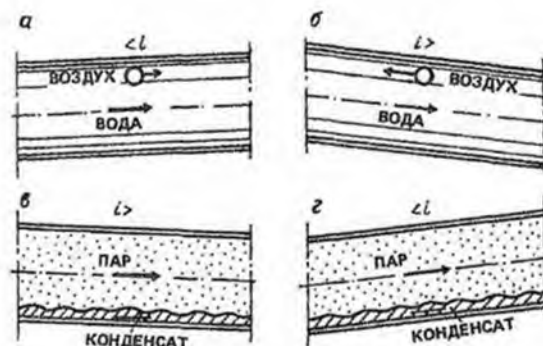
УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ — кол-во *теплоты*, выделяющейся при полном сгорании единицы массы или объема *топлива*. Единица измерения — кДж на 1 кг или 1 м^3 .

УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ОСАДКОВ — показатель, по к-рому количественно определяют способность осадков сточных вод к влаготдаче. В хим. технологиях применяется как показатель фильтруемости различных суспензий в процессах пром. фильтрования. Для оценки водоотдающей способности осадков сточных вод определение У.с.ф.о. впервые применено в 1953. Выражение для определения уд. сопротивления фильтрации, $\text{м}/\text{кг}$, имеет вид: $r = 2PF^2b/(\eta C)$, где P — давление фильтрования, Па; F — площадь фильтрации, м^2 ; η — динамич. вязкость фильтрата, Па·с; C — концентрация твердой фазы (осадка) в фильтруемой суспензии, $\text{кг}/\text{м}^3$; $b = \tau/V^2$ — параметр, получаемый опытным путем при фильтровании осадка под пост. давлением $0,05 \text{ МПа}$ (здесь V — объем фильтрата, м^3 ; τ — время, с).

Осадки сточных вод относятся к труднофильтруемым суспензиям. Значения уд. сопротивления осадков используют при выборе метода их кондиционирования перед механич. обезвоживанием или сушкой на *илловых площадках*, режима работы фильтрующих аппаратов, вида и доз реагентов для обработки осадка при его уплотнении и обезвоживании.

УКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ КОНДЕНСАТА — прибор для визуального контроля уровня *конденсата* в *баке конденсатном* системы *парового отопления*, состоящий из двух запорных кранов, стекл. трубки (водомерного стекла) между ними и пробно-спускного крана. Через запорные краны водомерное стекло соединяется с воздушным и водяным пространствами бака конденсатного. При этом уровень жидкости в стекл. трубке соответствует уровню воды в баке. Запорные краны предназначены для отключения водомерного стекла, в т.ч. от водяного пространства бака конденсатного при продувке У.у.к. через пробно-спускной кран.

УКЛОН ТЕПЛОПРОВОДА — запланиров. отклонение пролож. *труб* от горизонтали, используемое при эксплуатации *системы отопления*: водяной — для отвода скопления *воздуха* (в верхней части системы) и самотечного аварийного слива воды; паровой — для самотечного удаления *конденсата* (в т.ч. конденсата попутного), а также для опорожнения системы. Рекомендуемые и допустимые направления У.т. и движения *теплоносителя* в системе отопления показаны на схеме. Миним. считается У.т. $0,002$ (2 мм на 1 м длины трубы), практически принимается $0,003$; в необходимых случаях (напр., при совпадении У.т. с направлением движения воды, в т.ч. в длинных *подводках к отопительным приборам*) У.т. доводится до $0,01$. Допустима строго горизонт. прокладка *магистралей системы отопления* $D_y > 50 \text{ мм}$, а также ветвей горизонт. системы водяного отопления при



Направление движения теплоносителя и уклон i труб, рекомендуемые (а) и допустимые (б) для водяных магистралей при верхней разводке; в и г — то же, для паропроводов

скорости движения теплоносителя в них более 0,25 м/с.

УКРЫТИЕ КОЖУХОВОЕ — составная часть кожуха машины или аппарата, полностью закрывающая местный отсос. Существует множество конструкций У.к., разработ. применительно к конкретным машинам и технологич. процессам. Различают две группы У.к.: не имеющие рабочих отверстий и имеющие небольшие отверстия для выполнения технологич. операций. В У.к. первой группы вредные выделения выбиваются через неплотности, линейные размеры и суммарная площадь к-рых нормами проектирования обычно не регламентируются и поэтому неизвестны. Для них указывают лишь разрежение, к-рое должно создаваться аспирац. системой. Это разрежение часто связывают с объемом вытяжки по данным натурных замеров. Для У.к. второй группы задается объем вытяжки для создания в рабочем проеме и в отверстиях скорости, достаточной для предотвращения выбивания в помещения вредных выделений.

УЛАВЛИВАНИЕ ЧАСТИЦ ВОЗДУХА ИЛИ ГАЗОВ — процесс осаждения частиц на разл. поверхностях (твердая стенка, капля жидкости, волокно фильтрующего материала и др.) под действием неск. эффектов: касания, инерции, гравитац. (седиментации), диффуз., центробежн. и электрич. Помимо них действуют также термофорез, диффузиорез, фотофорез, эффект магнитного поля и др. Роль каждого из эффектов определяется, во-первых, структурой осадит. поверхности (размером, формой, электрич. зарядом и др.); во-вторых, хар-кой улавливаемых частиц (размерами, плотностью, формой, электрич. зарядом и др.); в-третьих, параметрами газового потока (скоростью и вязкостью газов). Каждый эффект характеризуется своим коэфф. эффективности осаждения.

Э ф ф е к т к а с а н и я заключается в том, что частицы, движущиеся по линиям тока газа, вблизи осадит. поверхности на расстоянии меньшем, чем радиус частицы, задевают поверхность и осаждаются на ней. Коэфф. эффективности осаждения касанием мало зависит от скорости потока газа, но в значит. степени определяется режимами течения газового потока и соотношением размеров частиц и осадит. поверхности. **Э ф ф е к т и н е р ц и и** состоит в том, что частицы, обладая определ. массой, при обгнании потоком газа поверхности смещаются с линии тока под действием инерции и, приблизившись к поверхности, осаждаются на ней. Коэфф. эффективности инерц. осаждения зависит от размера и плотности частиц, а также скорости газового потока. **Г р а в и-**

т а ц. э ф ф е к т (седиментация) частиц на осадительной поверхности объясняется их смещением с линии тока под действием силы тяжести во время прохождения их вблизи поверхности. Коэфф. эффективности гравитац. осаждения возрастает с увеличением размера и плотности частиц. Д и ф ф у з. э ф ф е к т осаждения частиц происходит под действием их броуновского движения, в результате к-рого частицы смещаются с линии тока, сталкиваются с поверхностью при ее обгнании и осаждаются на ней. При этом чем меньше размер частиц и скорость потока, тем больше вероятность их столкновения с поверхностью. Коэфф. диффузии характеризует интенсивность броуновского движения. Коэфф. эффективности диффуз. осаждения обратно пропорционален размерам частиц и скорости газового потока. **Ц е н т р о б е ж н ы й э ф ф е к т** осаждения частиц происходит за счет вращения газового потока, в результате чего частицы приобретают центробежную силу, покидают линии тока и оседают на поверхностях. Коэфф. эффективности центробежного осаждения определяется размером и плотностью частиц, а также скоростью вращения газового потока. **Э л е к т р и ч. э ф ф е к т** осаждения частиц вызван взаимодействием электрически заряж. частиц и осадит. поверхности. Электрич. зарядка частиц может возникнуть при инерции аэрозоля за счет диффузии свободных ионов или при коронном разряде. Значение заряда определяется свойствами и размером частиц, а также механизмом зарядки. Макс. заряд частиц размером более 0,5 мкм пропорционален квадрату их диаметра, а частиц размером менее 0,2 мкм — их диаметру. Заряд частицы и напряженность электрич. поля обуславливают электростатич. силу, действующую на заряж. частицу. Эффективность электрич. осаждения увеличивается с ростом электрич. заряда частиц и уменьшением скорости потока. Электрич. эффект осаждения проявляется в значит. степени при наличии высокозаряж. частиц или осадит. поверхности.

Улавливание частиц из воздуха или газов осуществляется в спец. устройствах — *пылеуловителях*. Различают сухие и мокрые пылеуловители, в к-рых используют механич. свойства пыли; *электрофильтры*, основ. на электрич. эффекте осаждения частиц, и фильтры для фильтрации воздуха.

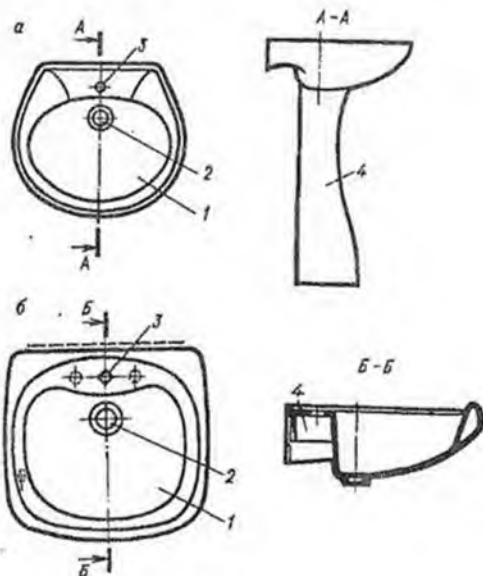
УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ — метод разделения, концентрирования и фракционирования р-ров и коллоидных систем с помощью полупроницаемой мембраны, пропускающей растворитель (воду), молекулярная масса к-рого намного меньше молекулярной массы растворен-

ных (диспергированных) в-в. Ультрафильтрационные мембраны задерживают частицы с молекулярной массой 300—300 000. Чем меньше размер пор в мембране, тем более мелкие частицы она задерживает, но при этом требуется более высокое давление. Мембраны, используемые для У., имеют размер пор 3—100 нм и требуемое давление 0,1—2 МПа (для микрофильтрации 0,1—10 мкм и 0,06—0,1 МПа; для обратного осмоса или гиперфильтрации 0—3 нм и 1—2,5 МПа). При калибровке отечеств. мембран средний диаметр их пор чаще всего определяют по расходу продавливаемой жидкости, в этом случае к ультрафильтрационным относят мембраны с диаметром пор 3—50 нм. Ультрафильтрац. мембраны оценивают двумя показателями: коэфф. задержания растворенного в-ва и произ-стью. Давление, темп-ра и состав разделяемого р-ра существенно влияют на произ-сть и селективность мембран.

К положит. качествам У. при очистке сточных вод относятся безреагентность и, следовательно, высокая экологичность по сравнению с большинством хим. и физико-хим. методов очистки. У. происходит без фазовых переходов, поэтому энергия требуется лишь для создания градиента давления и *рециркуляции* р-ра. Процесс У. отличается простотой технологич. схем и аппаратурного оформления. Отечеств. пром-сть выпускает хим. и термич. устойчивые мембраны (рН = 0,5...14, t = 0...120°С и выше). При очистке отработавших моющих р-ров (рН = 8...12; t = 20...90°С) входящие в них компоненты синтетич. моющих средств сохраняются почти на 90%, а загрязнения в виде эмульгиров. нефтепродуктов извлекаются на 98—99%, остаточная концентрация их в фильтрате не превышает 50 мг/л при исходной концентрации 20 г/л. Это дает возможность использовать фильтрат для приготовления новых порций моющего р-ра.

Мембраны подразделяют на пористые и динамические. Пористые изготовляют из разл. полимерных материалов, пористого стекла, графитов, керамики, металлич. фольги и др. Преимущественно используют мембраны на основе полимерных материалов (полиамидные, ацетатцеллюлозные, полисульфономые, фторопластовые и др.). От материала мембраны зависят ее свойства (хим. стойкость, прочность) и структура (анизотропные, изотропные, композитные). Динамич. мембраны формируются посредством фильтрования через пористую подложку суспензии, содержащей мембранообразующие добавки. Формирование динамич. мембраны может происходить также при задержании в процессе фильтрации на подложке примесей, содержащихся в сточных водах.

УМЫВАЛЬНИК — сан.-технич. прибор, предназнач. для умывания. У. состоит из водоразборного смесителя, чаши, перелива, выпуска, сифона и элементов крепления. Водоразборный смеситель устанавливают на стене над чашей или на ее борту и подсоединяют к холодному и горячему водопроводу. Чашу, изготовленную из керамики, пластмассы, нержавеющей или эмалир. стали и полимербетона, выполняют круглой,



Умывальник керамический овальный

а — напольный; б — настенный; 1 — чаша; 2 — отверстие для установки выпуска и сифона; 3 — отверстие для установки смесителя; 4 — опора

овальной, прямоугольной или треугольной формы и устанавливают на стене или постаменте, а иногда встраивают в умывальный шкаф. Перелив, выпуск с пробкой и сифон изготовляют в осн. из пластмассы, видимые их детали — из нержавеющей стали или латуни с гальванопокрытием; устанавливают их в донном отверстии чаши и присоединяют к канализационной сети. Смесители и сифоны У. могут иметь также штуцеры для присоединения автоматич. стир. машины. Пользуются У. под проточной струей воды из смесителя или заполняя водой емкости чаши при закрытом пробкой выпуске. Чаша У. имеет следующие размеры, мм: длина 400—1100, ширина 300—610, высота 175—225 и высота от пола до борта 800—850.

УМЯГЧЕНИЕ ВОДЫ КАТИОНИРОВАНИЕМ — фильтрование воды через гранулиров. катионит, представляющий собой полимерную нерастворимую в воде к-ту, способную вступать в ионный обмен с растворенными в воде солями кальция и магния, сорбируя их ионы из р-ра и отдавая в р-р эквивалентное кол-во катионов, к-рыми катионит насыщается при регене-

рации. У.в.к. осуществляется гл. обр. с применением Na-, H- и NH₄- форм катионитов. Освоение технологии началось с использования в качестве катионитов неорганич. ионообменных материалов — минер. природных (глауконит) и синтетич. алюмосиликатов — пермутитов. В дальнейшем для практич. целей стали использовать также природные органич. в-ва: гумус, торф, уголь. В настоящее время в нашей стране применя-



(Аналогично для H- и NH₄- форм катионита.) Контроль за содержанием катионов жесткости в умягченной воде осуществляют титрованием трилоном Б. По обнаружении проскока катионов жесткости в фильтрат процесс умягчения прекращают и переключают фильтр на регенерацию. Перед этим слой катионита взрыхляют, пропуская в течение 15—30 мин воду снизу вверх, затем на фильтр сверху вниз либо снизу вверх подают регенерацион. р-р. Реакции регенерации катионита р-ром, напр. NaCl, могут быть представлены в след. виде:



По окончании регенерации слой катионита промывают осветленной водой для удаления остатков продуктов регенерации, после чего начинают новый цикл умягчения. Na- катионирование по традиц. технологии производят на сульфугле или катионите КУ-2-8 с регенерацией их р-ром натриевой соли. Возможно применение карбоксильных катионитов, однако при этом требуется двухступенчатая регенерация — сначала р-ром к-ты, затем едким натром. В процессе умягчения воды Na-катионированием содержание кальция и магния в воде может быть снижено до весьма малых значений. Общая щелочность при этом не изменяется, сухой остаток несколько возрастает в результате замещения в воде одного иона кальция, имеющего атомный вес 40,08, на два иона натрия (атомный вес 2 × 22,99 = 45,98). В традиц. технологии Na-катионирования для регенерации применяют техн. повар. соль как наиболее дешевый и недефицитный продукт. Разработан также режим регенерации катионита сульфатом натрия. Возможно применение и др. растворимых соединений натрия.

При регенерации катионита р-ром кислоты активные (способные к обмену) катионы катионита замещаются Н-ионами кислоты и катионит переводится в Н-форму. При фильтровании через такой катионит умягчаемой воды все катионы растворенных в воде солей (в том числе и катионы солей жесткости) будут сорбироваться (поглощаться) катионитом; в воду будет переходить эквивалентное количество Н-ионов; растворенные в воде соли будут превращаться в соответствующие кислоты. Кислотность воды, прошедшей через Н-катионитовый фильтр, который загружен сильнокислотным катионитом, будет равна сумме кон-

ют в осн. сульфокатиониты (сульфоуголь, катиониты КУ-2-8, КУ-1 и КУ-23), а также карбоксильные катиониты, к-рые пригодны для умягчения воды с высоким содержанием солей (вплоть до морской).

Сульфокатиониты содержат способные к обмену катионов активные сульфогруппы — SO₃⁻ (КУ-2-8), карбоксильные катиониты — активные карбоксильные группы — COO⁻. Степень ионизации активных групп, обусловленная их хим. природой, определяет возможный режим эксплуатации катионитов. Сильноионизов. катиониты (сильнокислотные), напр. сульфокатиониты, способны к обмену в водных р-рах с широким интервалом значений рН. Слабоионизов. катиониты (слабокислотные), напр. карбоксильные, могут обменивать ионы водорода на металл только в щелочных и лишь отчасти нейтральных р-рах. Число активных ионогенных групп в единице массы (объема) катионита определяет его обменную емкость. Процесс У.в.к. проводят по следующей технологии. Осветленная вода фильтруется через катионит в Na-, H- или NH₄- форме. При этом происходит обмен катионами между катионитом и водным р-ром:

концентраций в исходной воде солей сильных кислот.

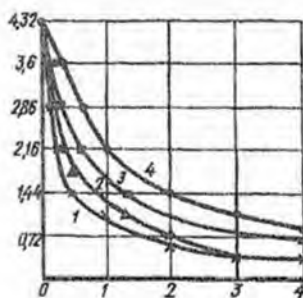
При регенерации Н-катионитовых фильтров кислотой в количестве, недостаточном для полного вытеснения из катионита других катионов, катионит в фильтре будет находиться в двух формах: в верхней части — в Н-форме, в нижней — в Са- и Mg-формах. При фильтровании через такой фильтр воды в верхней части фильтра все растворенные соли в результате обмена катионов на Н-ион будут превращаться в соответствующие кислоты. При этом угольная кислота будет распадаться с образованием H_2O и CO_2 и уходить из сферы реакции. В нижних слоях фильтра будет иметь место реакция обмена между Са-Mg-катионитом и к-той, в результате чего все некарбонатные соли будут оставаться в воде, а карбонатные — удаляться из нее.

Регенерация Н-катионитовых фильтров к-той в количестве, недостаточном для полного удаления из катионита катионов жесткости, называется "голодной" регенерацией. Фильтр, работающий в режиме "голодной" регенерации, снижая щелочность воды до 0,4—0,5 мг-экв/л, не снижает некарбонатной жесткости воды.

В тех случаях, когда лимитируется только жесткость умягченной воды, наиболее дешевым способом ее умягчения является Na-катионирование. При высокой щелочности (выше 3 мг-экв/л), магnezальной жесткости воды или при высоком содержании в ней железа бывает целесообразно умягчать воду поверхностных источников известкованием с последующим Na-катионированием. В тех случаях, когда недопустимо присутствие в умягченной воде бикарбоната натрия, образующегося при Na-катионировании солей карбонатной жесткости (т.е. когда лимитирована щелочность умягченной воды), применяют параллельно или последовательно Н-Na-катионирование воды или умягчение воды известкованием с последующим Na-катионированием. Если в умягченной воде не допускается наличия карбонатов натрия или калия, но в ней допустимо присутствие ионов аммония, то вместо Н-Na-катионирования воды можно применять NH_4 — Na-катионирование воды. В этом случае при регенерации р-ром аммонийной соли его обменные катионы замещаются ионом аммония.

Для умягчения воды серийно выпускают следующие ионообменные фильтры: вертикал., цилиндрич., напорные аппараты насыпного типа, параллельно-точные и противоточные.

УМЯГЧЕНИЕ ВОДЫ РЕАГЕНТАМИ — связывание содержащихся в воде катионов жесткости (кальция и магния) в малорастворимые соединения, выделяе-

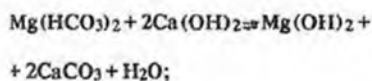
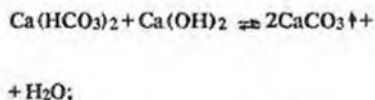


Влияние контактной среды (осадка) на процесс умягчения воды

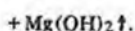
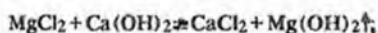
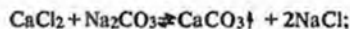
1 и 3 — умягчение воды в присутствии осадка при температуре 40 и 18°C соответственно; 2 и 4 — то же, в отсутствие осадка при температуре 40 и 18°C соответственно

мые затем осаждением и (или) фильтрованием. Для умягчения воды могут использоваться разл. реагентные методы: известковый (декарбонизация), содово-известковый, фосфатный, бариевый. Наиболее широко распространены первые два метода. При известковом методе удаляется карбонатная жесткость и уменьшается соледержание органики и кремнекислых соединений, при содово-известковом — дополнительно удаляется некарбонатная жесткость, но соледержание неск. увеличивается. При реагентных методах происходят следующие хим. реакции:

при известковом —



при содово-известковом —



В результате реагентного умягчения воды вначале образуются труднорастворимые соединения $CaCO_3$ и $Mg(OH)_2$, а затем происходят хлопьеобразование, агломерация и осаждение хлопьев. Регламентируемыми показателями при процессе умягчения являются остаточная щелочность, жесткость и концентрация взвеш. в-в в умягченной воде. Остаточная

общая жесткость умягченной воды при известковании может быть больше некарбонатной жесткости на 0,4—0,8 мг-экв/л, а щелочность составит 0,8—1,2 мг-экв/л; при содово-известковом умягчении остаточная жесткость — 0,5—1 мг-экв/л и щелочность — 0,8—1,2 мг-экв/л. Нижние пределы относятся к процессу умягчения с подогревом воды до 35—40°C.

На процесс умягчения и разделения твердой и жидкой фаз влияют: темп-ра и интенсивность перемешивания воды, контактная среда (механич. примеси), коагулянты и флокулянты. Повышение темп-ры и скорости перемешивания воды увеличивает вероятность появления и интенсивность флуктуаций концентрации, понижает растворимость $CaCO_3$ и $Mg(OH)_2$ и повышает скорость осаждения механич. частиц. Эффективность процесса умягчения благодаря этому возрастает. Наиболее значим подогрев до 30—40 и выше 100°C.

Контактная среда влияет на глубину умягчения, его ускорение вследствие протекания кристаллизации на частицах среды, адгезию мелкодисперсных взвеш. в-в и стабильность воды. Физ.-хим. свойства контактной среды обуславливаются соотношением соединений, ее образующих. С увеличением доли гидроксида магния происходит уменьшение плотности и прочности осадка, скорости осаждения взвеш. в-в.

Коагулянты применяют для интенсификации как самого процесса умягчения, так и разделения твердой и жидкой фаз. В качестве коагулянта используют алюминат натрия, соли железа и др. Наибольшее распространение получил железный купорос — серно-кислого железа $FeSO_4$. Расход извести увеличивается эквивалентно дозе коагулянта. При взаимодействии $FeSO_4$ с известью образуется гидроксид железа, входящий в состав взвеш. в-в и влияющий на их физ.-хим. свойства. При использовании коагулянта для улучшения условий хлопьеобразования и увеличения гидравлич. крупности взвеш. в-в его целесообразно вводить после щелочных реагентов. Наличие в воде органич. в-в, затрудняющих процесс кристаллизации, предопределяет предварит. добавление серно-кислого железа. Здесь роль $FeSO_4$ заключается в связывании органич. примесей.

Флокулянты, применяемые в дополнение к коагулянту, улучшают свойства контактной среды и увеличивают скорость осаждения взвеш. в-в на 25%. В осн. в качестве флокулянта используют полиакриламид. Флокулянт рекомендуется вводить после всех реагентов или совместно.

Существует технология реагентного умягчения, предусматривающая проведение процесса в интервале темп-р 4—

10°C, с использованием флокулянта анионного типа (без коагулянта), вводимого перед щелочными реагентами, и обеспечивающая снижение затрат тепловой энергии и повышение единичной производительности осветлителя, для природных вод с цветностью < 30 град, ХПК не более 40 мг О₂/л, содержанием взвеш. в-в до 1000 мг/л и $\zeta \leq 28$ мВ. Сущность технологии — создание большой концентрации твердой фазы (контактной среды), обеспечивающей улучшение седиментационных свойств взвеш. в-в.

УНИТАЗ — сан.-технич. прибор, устанавливаемый в туалетах и сан.-бытовых помещениях зданий для приема выделений человека и отвода их вместе с промывной водой в канализационную сеть. У. состоит из входного патрубка, водораспределителя, приемной чаши, сифона, выпуска, сидения и элементов крепления. У. различают: по форме чаши — тарельчатые, козырьковые, воронкообразные; по

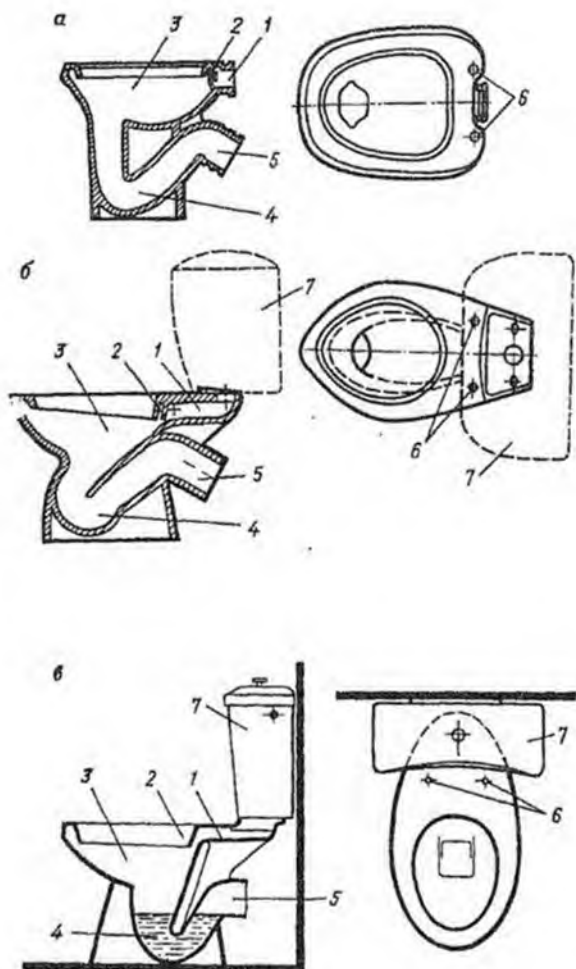
способу крепления — напольные (прикрепляются к полу), настенные (консольные). Входной патрубок У. с помощью смывной трубы подсоединяют к бачке или крану смывным, а выпуск — к канализационной сети. Вода из бачки или крана через входной патрубок поступает в водораспределитель У., направляющий поток воды на смыв фекалий со дна чаши и обмыв ее стенок, после чего через сифон и выпуск отводится в канализационную сеть. В сифоне постоянно сохраняется гидравлический затвор (высотой 55—60 мм), предотвращающий поступление канализационных газов в помещение. Расход воды, необходимой для промывки У., равен 1,5—1,8 л/с, объем воды для одной промывки — 6—8 л. Изготавливают У. с прямым (перпендикулярно полу) или косым (под углом к полу) выпуском. Водораспределитель, сифон и чаша У. обычно являются единой конструкцией, изготавливаемой из фаянса, полуфарфора, фарфора и полимербетона. Сидение с крышкой выполняют из пласт-

массы. У. имеет следующие размеры, мм: длина 460—680, ширина 360—380, высота (от пола до борта чаши) 380—400.

УПЛОТНЕНИЕ ОСАДКОВ ПРИРОДНЫХ ВОД — наиболее простой и дешевый способ частичного обезвреживания осадков, позволяющий в 4—12 раз сократить их первоначальный объем и снизить затраты на последующую обработку. Возможная степень уплотнения гидроксидных осадков обуславливается их гелеобразной структурой, к-рая способна под действием гравитационных сил к самопроизвольному разрушению структуры осадка с выделением части свободной воды. Частично У.о.п.в. происходит в результате старения геля гидроксида алюминия, сопровождающегося переходом части его из аморфного в кристаллическое состояние и потерей влаги. На интенсивность и степень У.о.п.в. существенное влияние оказывают его состав и свойства, зависящие от качества воды, из к-рой получен осадок. Особое значение при этом имеют цветность и мутность исходной воды: чем крупнее частицы мутности и чем их больше, тем тяжелее и плотнее получается осадок. В осадке с большим содержанием минер. в-в под действием гравитационных сил происходят нарушение их структуры и выделение части свободной воды, что способствует уплотнению.

С увеличением в осадке кол-ва минер. в-в возрастают скорость уплотнения и концентрация твердой фазы осадка. Один из приемов интенсификации У.о.п.в. цветных вод — введение в них доплотнителя кол-ва минер. в-в. Для этой цели используют перлит, диатомит, золу, известь и т.п. Наибольший эффект наблюдается при введении извести, обладающей даже коагулирующим действием.

Устойчивая структура гидроксидных осадков цветных вод препятствует их гравитационному уплотнению. Эти осадки могут уплотниться в процессе механического нарушения структуры. Устройство для нарушения структуры осадка в этой конструкции выполняют в виде мешалок решетчатого типа, вертикальных стержней к-рых распо-



Унитаз

а — напольный; б — напольный козырьковый; в — напольный воронкообразный; 1 — настенный (консольный) воронкообразный сифонирующий; 2 — входной патрубок; 3 — водораспределитель; 4 — приемная чаша; 5 — сифон; 6 — выпуск; 7 — отверстие для крепления сидения; 8 — бачок смывной

