

ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ

УРАВНЕНИЕ БАЛАНСА ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ.
УРАВНЕНИЯ БАЛАНСОВ ВРЕДНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ В
ПОМЕЩЕНИИ.
ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ

ГУСЕВ К.П.

Лекция

3

3 УРАВНЕНИЕ БАЛАНСА ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ. УРАВНЕНИЯ БАЛАНСОВ ВРЕДНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ В ПОМЕЩЕНИИ

3.1 Общие положения

Основное назначение вентиляции борьба с вредными выделениями в помещении (избыточное тепло, влага, различные газы и пары вредных веществ, пыль).

В производственных помещениях указанные вредные выделения могут находиться в самых разнообразных сочетаниях. В помещениях общественных зданий обычно имеются избытки тепла, влаги и углекислого газа.

Для определения количества вредных выделений в помещении пользуются теоретическими и экспериментальными зависимостями. Аналитические формулы обычно уточняют введением коэффициентов, полученных опытным путем.

Бурный рост строительства и развития технологий не позволяет применять типовые решения при проектировании систем вентиляции. Ввиду этого предпочтение отдается теоретическим способам расчета количества вредных выделений а не накопленным сведениям о «почти таких же» зданиях и процессах. В особо ответственных случаях исследование проводят на специальных моделях помещения и оборудования для уточнения закономерностей поступления вредных выделений в помещение и их распространения в нем.

Теплопоступления и теплопотери.

Тепло, поступающее в помещение, называется теплопоступлениями в помещение. Источниками теплопоступлений являются люди, находящиеся в помещении, солнечная радиация, технологическое оборудование и пр. Тепло от источников поступает в помещение конвекцией (конвективные струи над нагретыми предметами и поверхностями) и лучеиспусканием. Эти теплопоступления называют поступлениями явного тепла, так как они приводят к повышению температуры помещения. Поступления тепла в воздух помещения в виде паров называют поступлениями скрытого тепла, так как, увеличивая энтальпию воздуха, они не изменяют его температуру (процесс идет по линии $t = \text{const}$).

Суммарные теплопоступления Q_{noc} – это сумма всех теплопоступлений в помещение.

Суммарные теплототери помещения $Q_{\text{пот}}$ при расчете вентиляции определяются несколько сложнее, чем при расчете отопления, так как содержат виды теплототерь, наблюдающихся лишь в рабочее время (расход тепла на нагревание средств транспорта, ввезенного с улицы материала, врывающегося через открытые проемы холодного наружного воздуха). При расчете теплототерь через ограждения учитывают неравномерность распределения температур по объему помещения (перегрев верхней зоны и пр.).

Избыточным теплом или теплоизбытками ΔQ называется разность суммарных теплотопоступлений в помещение и суммарных теплототерь помещения. Теплоизбытки определяют в заданный момент времени (обычно соответствующий их максимуму) и измеряют в Вт или в кДж/ч (ккал/ч). В соответствии с видом теплотопоступлений различают избытки явного $\Delta Q_{\text{я}}$ или полного (явного и скрытого) $\Delta Q_{\text{п}}$ тепла.

Теплоизбытки для большинства помещений являются величиной, определяющей не только воздухообмен и параметры подаваемого воздуха, но и расчетные параметры микроклимата помещения. Последние зависят от удельных избытков явного тепла в помещении, называемых теплонапряженностью объема помещения. По удельным теплоизбыткам судят и о температуре воздуха, удаляемого из помещения.

Если в помещении теплоступления меньше теплотерь, т. е. $\Delta Q < 0$, то разность этих величин обычно называется теплонедеостатками. В этом случае система совмещает функции вентиляции и отопления. Воздухообмен в этом случае рассчитывают для другого периода года или по другим видам вредных выделений. При расчете вентиляции высоких производственных помещений избытки тепла определяют не для всего объема в целом, а, разбивая помещение по высоте на две части, для двух зон: нижней (обслуживаемой) и верхней.

Потоки лучистого тепла от поверхностей нагретого оборудования и других источников, попадая на ограждения, трансформируются на них в кондуктивное (наружные ограждения) и конвективное (внутренние и некоторые наружные ограждения, поверхности ненагретого оборудования).

Потоки конвективного тепла от нагретого оборудования и вторичные потоки тепла от облучаемых поверхностей представляют собой потоки (струи) нагретого воздуха. Эти потоки устремляются к потолку помещения, создавая под ним слой нагретого воздуха. Охлажденные потоки воздуха стекают по внутренним поверхностям холодных наружных ограждений и настилаются на пол помещения, образуя слой холодного воздуха у поверхности пола. Взаимный лучистый теплообмен между потолком, полом и другими ограждениями сглаживает картину расслоения воздуха по высоте помещения. Однако главная роль в определении характера распределения температур по высоте и в плане помещения принадлежит вентиляции.

Например, при сосредоточенной подаче потоки приточного воздуха могут так перемешивать воздух в помещении, что температура по всему его объему выравнивается. Последнее обстоятельство, как правило, приводит к необходимости увеличения воздухообмена в помещении.

- **Влаговыделения $M_{\text{вл}}$** — это водяные пары, поступающие в воздух помещения. Источники влаговыделений весьма разнообразны. В жилых и общественных зданиях — это люди, оборудование предприятий общественного питания, горячая пища. В промышленных и коммунально-бытовых зданиях — это открытые водные поверхности, смоченное оборудование и пол, пар, поступающий через неплотности оборудования и паропроводов, и др.

По влажностному режиму различают четыре категории помещений:

1) мокрые (бани, прачечные, кожевенные заводы, красильные отделения текстильных фабрик и т. п.);

2) влажные (производственные помещения текстильных и трикотажных фабрик);

3) нормальные;

4) сухие (цехи металлообработки, литейные и т.п.).

В некоторых случаях, принудительно, влага вводится в воздух помещения искусственно в виде пара или разбрызгиваемой воды (доувлажнение). В этом случае задача вентиляции — не удаление влаги из помещения, а поддержание влажности на заданном уровне.

Тепловые избытки и влагу называют вредными выделениями условно, поэтому воздух, удаляемый из помещений с избытками тепла и влаги, можно использовать для рециркуляции.

Выделения вредных веществ (газов, паров) и пыли $M_{вр}$ разнообразны по составу и количеству. Обычно их измеряют в кг/ч или в г/ч.

Теплоизбытки, влаговыделения и выделения вредных веществ входят компонентами в уравнения балансов вредных выделений, составляемых для помещения при расчете воздухообмена и решении некоторых других вентиляционных задач.

3.2 УРАВНЕНИЯ БАЛАНСОВ ВОЗДУХА И ВРЕДНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ В ПОМЕЩЕНИИ

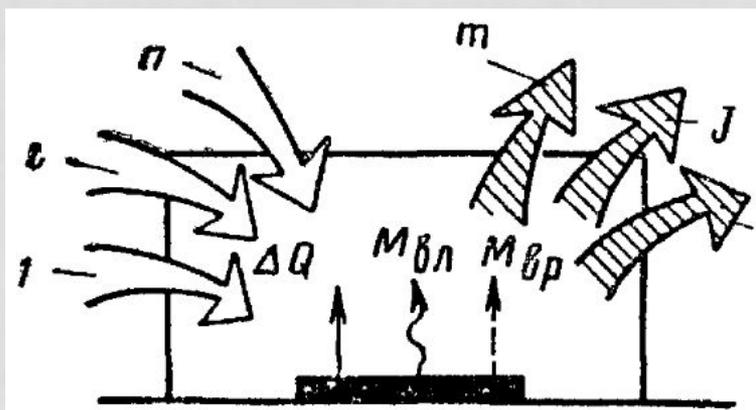
Уравнение баланса воздуха в вентилируемом помещении

- описывает закон сохранения массы воздуха применительно к этому помещению.

Для общего случая при наличии в помещении n приточных и m вытяжных систем и отверстий уравнение баланса воздуха имеет вид

$$\sum_{i=1}^n G_{ni} - \sum_{j=1}^m G_{yj} = 0$$

Расходы воздуха в уравнении выражены в кг/ч, т. е. в единицах массы. При этом учитывается производительность всех систем с механическим и естественным побуждением, в том числе расход воздуха через открытые проемы в наружных ограждениях и через неплотности в этих ограждениях.



При анализе воздушного режима помещения встречается понятие **«дебаланс механической вентиляции»**. Например, для предотвращения перетекания воздуха из загрязненного помещения в него подают приточный воздух с меньшим расходом по сравнению с расходом удаляемого воздуха. Однако и в этом помещении соблюдается баланс воздуха. Недостающее количество воздуха попадает сюда из соседних (чистых) помещений и снаружи через неплотности в окнах. Для защиты чистых помещений от загрязнения в них предусматривают превышение притока над вытяжкой. В этом случае избыточный приток «выдавливается» через проемы во внутренних ограждениях и неплотности в наружных ограждениях.

Уравнение баланса тепла в вентилируемом

помещении описывает закон сохранения тепловой энергии в этом помещении. Пусть в общем случае в помещении избытки тепла составляют $\Delta Q'$ (по полному теплу), кДж/ч. Предположим, что i -я приточная система (или отверстие) подает воздух с параметрами t_{pi} и l_{pi} . Удаляемый из помещения j -й системой воздух имеет параметры t_{yj} и l_{yj} .

Количество полного тепла, кДж/ч, вносимого в помещение приточным воздухом, в общем случае равно:

$$Q'_{\text{пп}} = \sum_{i=1}^n G_{\text{пи}} I_{\text{пи}}$$

Количество полного тепла, кДж/ч, удаляемого из помещения с уходящим воздухом, составляет

$$Q'_{\text{уп}} = \sum_{j=1}^m G_{\text{yj}} I_{\text{yj}}$$

Общий вид уравнения баланса полного тепла в помещении имеет вид

$$\Delta Q'_{\text{п}} + Q'_{\text{пп}} - Q'_{\text{уп}} = 0$$

или

$$\Delta Q'_{\text{п}} + \sum_{i=1}^n G_{\text{пи}} I_{\text{пи}} - \sum_{j=1}^m G_{\text{yj}} I_{\text{yj}} = 0$$

Аналогичный вид имеет уравнение баланса явного тепла в помещении:

$$\Delta Q'_{\text{я}} + \sum_{i=1}^n c_p G_{\text{пи}} I_{\text{пи}} - \sum_{j=1}^m c_p G_{\text{yj}} I_{\text{yj}} = 0$$

где c_p — массовая теплоемкость воздуха; $\Delta Q'_{\text{п}}$ и $\Delta Q'_{\text{я}}$ — избытки соответственно полного и явного тепла в помещении.

Уравнение баланса влаги в вентилируемом помещении составляется аналогично и выражает закон сохранения массы вещества (влаги) в этом помещении.

Количество влаги, кг/ч, вносимой в помещение с приточным воздухом, равно:

$$M_{\text{П Вл}} = \sum_{i=1}^n \frac{G_{\text{П}i} d_{\text{П}i}}{1000}$$

где $d_{\text{П}i}$ — влагосодержание приточного воздуха, подаваемого i -й системой, г/кг. Количество удаляемой из помещения влаги, кг/ч, составляет

$$M_{\text{У Вл}} = \sum_{j=1}^m \frac{G_{\text{У}j} d_{\text{У}j}}{1000}$$

Если в помещении выделяется влага $M_{\text{вл}}$, кг/ч, то уравнение баланса влаги примет вид:

$$M_{\text{вл}} + M_{\text{пвл}} - M_{\text{увл}} = 0$$

Или:

$$M_{\text{вл}} + \sum_{i=1}^n \frac{G_{\text{п}i} d_{\text{п}i}}{1000} - \sum_{j=1}^m \frac{G_{\text{у}j} d_{\text{у}j}}{1000} = 0$$

Уравнение баланса одного из видов вредных веществ (газов, паров) также базируется на законе сохранения массы вещества. По аналогии, при выделении в помещении вредных веществ $M_{вр}$, мг/ч, уравнение баланса этого вида вредных веществ:

$$M_{вр} + M_{п\text{ вр}} - M_{у\text{ вр}} = 0$$

ИЛИ

$$M_{вр} + \sum_{i=1}^n \frac{G_{\pi i} C_{\pi i}}{\rho_{\pi i}} - \sum_{j=1}^m \frac{G_{y j} C_{y j}}{\rho_{y j}} = 0$$

где $C_{\pi i}$ и $C_{y j}$ — концентрации вредных веществ соответственно в приточном и удаляемом воздухе, мг/м³; $\rho_{\pi i}$ и $\rho_{y j}$ — плотность соответственно приточного и удаляемого воздуха, кг/м³.

Уравнения балансов служат для расчета воздухообмена в помещении. В каждом из этих уравнений обычно два неизвестных — производительности общеобменной приточной и вытяжной вентиляции, обозначаемые G_{pi} и G_{yi} . Для определения этих величин решается система из двух уравнений — уравнения баланса воздуха и одного из уравнений баланса вредных выделений. Уравнение баланса воздуха в помещении используется также для определения избыточного давления в помещении при расчете неорганизованного воздухообмена и аэрации помещений.

4 ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЯ

Для расчета отопления необходимо определить недостаток тепла в помещениях здания и его изменение в течение наиболее холодного периода года, а основная задача расчета вентиляции обычно состоит в определении избытков тепла и влаги в помещении в наиболее теплый период года, так как они определяют производительность и холодильную мощность системы вентиляции или кондиционирования воздуха. Однако в общем случае нужно знать изменение избытка тепла, а возможно и появление его недостатка в течение всего года. Недостаток тепла для холодного периода года определит требуемый перегрев приточного воздуха, а в некоторых случаях и иную, чем в теплый период года, производительность вентиляционной системы.

Количество выделяемого тепла чаще всего определяют, пользуясь экспериментальными данными или теплотехническими расчетами.

4.1 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПОМЕЩЕНИЯ

Во многих помещениях одним из определяющих вредных выделений является избыточное тепло. При расчете вентиляции таких помещений необходимо составление теплового баланса, т. е. выяснение всех статей поступления и расхода тепла в помещении.

К статьям поступления относится тепло, выделяемое людьми, солнечной радиацией, освещением, нагретым оборудованием и изделиями, расходуемой электроэнергией, механической энергией, переходящей в результате трения в тепловую энергию. Кроме того, тепло может выделяться в помещении в результате конденсации водяных паров, остывания жидкого металла с учетом тепла кристаллизации при его твердении и другими путями.

Расходными статьями являются потери тепла через ограждающие конструкции и с изделиями, если их в нагретом состоянии удаляют из помещения. Кроме того, тепло расходуется на нагрев наружного воздуха, попадающего в помещение в результате инфильтрации через неплотности в ограждениях и через открытые проемы, на нагрев холодных материалов, изделий и транспортных средств, поступающих в помещение. Тепло помещения тратится также на испарение воды или других жидкостей из ванн, резервуаров, с поверхности мокрого пола, если тепло фазовых превращений не компенсируется специальным подводом энергии к воде.

В большинстве помещений тепловые условия близки к стационарным. Поэтому при расчете теплового баланса исходят из того, что все ограждения и оборудование в помещении находятся в состоянии теплового равновесия. Это значит, что их температура остается неизменной во времени и количество получаемого ими тепла в единицу времени равно количеству теряемого. Разность поступления $Q_{\text{пост}}$ и расхода (потерь) $Q_{\text{пот}}$, тепла определяет теплоизбытки ΔQ (или теплонедостатки) в помещении, которые должны быть ассимилированы (или компенсированы) вентиляционным воздухом:

$$\Delta Q = \sum Q_{\text{пост } i} - Q_{\text{пот } i}$$

В некоторых случаях оказывается достаточным составление баланса только по явному теплу. В помещениях с активными влагообменными процессами необходимо составление баланса по полному теплу, т. е. с учетом скрытого тепла, которое содержат водяные пары, поступающие в воздух помещения.

В помещение поступает лучистое и конвективное тепло. Обычно их не разделяют и составляют общий тепловой баланс для помещения в целом.

Лучистый теплообмен происходит между поверхностями в помещении. Воздух лучистое тепло практически не поглощает (за исключением случаев наличия тумана или сильной запыленности в помещении), поэтому оно передается воздуху помещения в виде как бы вторичных потоков конвективного тепла, образованных у нагретых излучением поверхностей.

Конвективное тепло попадает в помещение с нагретым воздухом и возникает у нагретых поверхностей. Потoki конвективного тепла, образованные у нагретых поверхностей, поднимаются вверх. Они могут приводить к образованию «тепловой подушки» в верхней зоне помещения или создавать вертикальную циркуляцию воздуха во всем его объеме. Конвективное тепло частично удаляется вентиляцией с нагретым воздухом и расходуется на нагрев холодных поверхностей ограждений, материалов и пр.

В связи со столь сложной картиной теплообмена кроме сведения общего баланса тепла для помещения иногда возникает необходимость расчета тепловых балансов для отдельных частей или зон помещения. Составляют балансы отдельно для воздуха и обращенных к помещению поверхностей, а также отдельно для объемов рабочей и верхней зоны помещения. В некоторых случаях, например при расчете душирования или воздушного оазиса, возникает необходимость определения составляющих теплового баланса на рабочем месте, в зоне расположения пульта управления и т. д.

При неустановившемся тепловом состоянии помещения ограждения и оборудование аккумулируют тепло при нагреве или отдают его при охлаждении. В соответствующие периоды времени они являются как бы дополнительными источниками или стоками тепла. Количество избыточного тепла в помещении становится переменным во времени. Вентиляционный процесс в этих условиях оказывается нестационарным, и его следует рассчитывать специально.

В промышленных зданиях с разнообразными технологическими процессами, где имеются сложно изменяющиеся во времени поступления тепла, или в особо ответственных случаях мало изученной, новой технологии приходится проводить специальные натурные испытания на действующем предприятии. Во время испытаний измеряют расходы L ($\text{м}^3/\text{ч}$), и энтальпию I ($\text{кДж}/\text{кг}$), всех потоков приточного («п») воздуха и воздуха, удаляемого («у») из помещения. Составляют уравнение теплового баланса по воздуху:

$$\Delta Q = \sum (L\rho I)_{\text{пi}} - \sum (L\rho I)_{\text{yi}}$$

с помощью которого определяют общий избыток ($+\Delta Q$) или недостаток ($-\Delta Q$) полного тепла в помещении. Подобные измерения, проведенные для всех характерных периодов тепловыделений, позволяют получить режимные характеристики изменения ΔQ во времени для всего технологического цикла. Следует иметь в виду, что испытания на объектах проводят при некоторой наружной температуре не соответствующей расчетной, поэтому данные испытаний должны быть скорректированы и приведены к расчетным условиям.

Подобного рода испытания трудоемки и дороги, в связи с чем основным и наиболее приемлемым способом определения количества поступающего в помещение и удаляемого из него тепла при проектировании вентиляции является теплотехнический расчет.

4.2 ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ ОТ ЛЮДЕЙ

В общем энергетическом балансе человека две составляющие определяют тепlopоступления в помещение: явное лучисто-конвективное тепло $Q_{ч.я.}$ и скрытое тепло влаги, испаряющейся с поверхности тела и легких человека, $Q_{ч.ск.}$

Полное количество выделяемого человеком тепла зависит в основном от степени тяжести выполняемой им физической работы и в меньшей мере от температуры помещения и теплозащитных свойств одежды. Доля отдачи явного тепла зависит от температуры помещения, скорости движения воздуха, а также от теплозащитных свойств одежды и интенсивности работы. Одетый человек при выполнении физической работы увеличивает выделение влаги, так как одежда препятствует отдаче явного тепла. Если он снимет одежду, то станет больше отдавать явного тепла, а потоотделение при этом уменьшится. Полное количество выделяемого тепла в обоих случаях останется приблизительно одинаковым.

При расчете вентиляции особенно важно правильно определять отдачу явного тепла. Ее можно подсчитать в Вт или ккал/ч по формуле:

$$Q_{ч.я.} = \beta_{и} \beta_{од} (2,5 + 10,3\sqrt{v_{в}}) (35 - t_{п})$$

где $\beta_{и}$ — коэффициент, учитывающий интенсивность работы и равный 1 для легкой работы, 1,07 для работы средней тяжести и 1,15 для тяжелой работы;

$\beta_{од}$ — коэффициент, учитывающий теплозащитные свойства одежды и равный 1 для легкой одежды, 0,65 для обычной одежды и 0,4 для утепленной одежды;

$v_{в}$ — скорость движения воздуха в помещении, м/с;

$t_{п}$ — температура помещения, °С.

Влаговыведения и полные тепловыведения от человека

Категория физической работы по степени ее тяжести	Влаговыведения, г/ч	Полные тепловыведения, Вт
Состояние покоя	30—115	93—140
Легкая	40—200	140—175
Средней тяжести	70—280	175—290
Тяжелая	135—415	Более 290

Большие значения влаговыведений и меньшие значения тепловыведений в табл. соответствуют высокой температуре помещения (примерно 35 °С), цифры второй границы соответствуют низкой температуре помещения (примерно 10 °С).

4.3 ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ ОТ ОСВЕЩЕНИЯ

Вся электрическая энергия, затрачиваемая на освещение, переходит в тепловую $Q_{\text{осв}}$, которую необходимо учитывать в тепловом балансе помещения.

Количество тепла, Вт, поступающего в помещение от искусственного освещения, может быть найдено по формуле

$$Q_{\text{осв}} = E \cdot F \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}}$$

где E —освещенность, лк; F — площадь помещения, м^2 ; $q_{\text{осв}}$ — удельные выделения тепла, $\text{Вт}/\text{м}^2$ на 1 лк освещенности, составляющие от 0,05 до 0,13 для люминесцентных светильников и от 0,13 до 0,25 для ламп накаливания; $\eta_{\text{осв}}$ — доля тепловой энергии, попадающей в помещение.

В тех случаях, когда арматура и лампы находятся вне помещения (за остекленной поверхностью, на чердаке, в потоке вытяжного воздуха), в него попадает только радиационное (видимое и невидимое излучение) тепло, доля которого $\eta_{\text{осв}}$ для люминесцентных светильников составляет около 0,55 потребляемой энергии, для ламп накаливания — примерно 0,85.

Для помещений различного назначения в соответствующих главах СНиП дана требуемая освещенность E . Например, для аудиторий наименьшая освещенность при использовании люминесцентных светильников равна 300 лк, залов — 200 лк, для спальных комнат — 75 лк. При использовании ламп накаливания эти цифры должны быть уменьшены приблизительно вдвое.

При составлении теплового баланса помещения следует иметь в виду, что освещение обычно действует только часть суток и, как правило, теплоступления от него не совпадают во времени с поступлениями тепла от солнечной радиации.

4.4 ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ ОТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, СТАНКОВ И МЕХАНИЗМОВ

Механическое оборудование и электропривод к нему находятся в одном или разных помещениях. Электроэнергия в основном расходуется на выполнение механической работы и в результате переходит в тепло. Часть ее превращается в тепло в самих электрических устройствах (джоулево тепло). Тепло передается в помещение или частично расходуется на нагрев обрабатываемого изделия, охлаждающей эмульсии, перекачиваемого воздуха или воды и т. д.

Общие тепlopоступления от электродвигателей и приводимого ими в действие оборудования, Вт, определяются по формуле

$$Q_{\text{эл}} = N_{\text{у}} \cdot k_{\text{исп}} \cdot k_{\text{загр}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot (1 - \eta + k_{\tau} \cdot \eta)$$

где $N_{\text{у}}$ — установочная мощность электродвигателей, Вт; $k_{\text{исп}}$ — коэффициент использования установочной мощности (0,7—0,9), $k_{\text{загр}}$ — коэффициент загрузки (0,5—0,8); $k_{\text{одн}}$ — коэффициент одновременности работы электродвигателей (0,5—1); η — к. п. д. электродвигателя, определяемый по каталогу (0,75—0,92); k_{τ} — коэффициент перехода механической энергии в тепловую (0,1—1), учитывающий, что часть тепла может быть отдана охлаждающей эмульсии, перекачиваемой воде или воздуху и унесена за пределы данного помещения.

Произведение $N_{\text{у}} \cdot k_{\text{исп}} \cdot k_{\text{загр}} \cdot k_{\text{одн}}$ соответствует фактически расходуемой электроэнергии, которая в конечном счете почти полностью превращается в тепло. Слагаемое $1 - \eta$ определяет долю тепла, выделяемого электродвигателем и электрическим оборудованием, а слагаемое $k_{\tau} \cdot \eta$ — долю тепла, выделяемого механическим оборудованием, приводимым в действие электродвигателем.

4.5 ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ ОТ НАГРЕТОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Количество тепла, поступающего с 1 м² нагретой поверхности, имеющей температуру $t_{\text{пов}}$, в помещение с температурой воздуха можно определить по формуле

$$q = (\varepsilon_{\text{пр}} C_0 b + A^2 \sqrt{t_{\text{пов}} - t_{\text{в}}}) (t_{\text{пов}} - t_{\text{в}}) = (\alpha_{\text{л}} + \alpha_{\text{к}}) (t_{\text{пов}} - t_{\text{в}}) = \alpha_{\text{пов}} (t_{\text{пов}} - t_{\text{в}})$$

Здесь принято, что температура воздуха и окружающих поверхностей в помещении одинакова и равна $t_{\text{в}} = 20$ °С.

$t_{\text{пов}}$ - температура поверхности технологического оборудования. Температурный коэффициент b , который входит в составляющую лучистого теплообмена, и коэффициент A , связанный с конвективным теплообменом, зависят от абсолютных значений и разности температур $t_{\text{пов}}$ и $t_{\text{в}}$, при $t_{\text{в}} = 20$ °С значения коэффициентов b и A зависят только от $t_{\text{пов}}$ и подбираются по справочным данным.

Значения коэффициентов b и A

$t_{\text{пов}}, ^\circ\text{C}$	b	A	$t_{\text{пов}}, ^\circ\text{C}$	b	A
20	1,01	1,67	380	4,87	1,41
80	1,36	1,6	480	6,92	1,36
180	2,3	1,53	580	9,43	1,33
280	3,3	1,47	980	25,5	1,19

Для нагретых горизонтальных поверхностей, обращенных вверх, коэффициент A должен быть увеличен на 30%, а обращенных вниз уменьшен на 30%.

Коэффициент приведенного излучения $\varepsilon_{\text{пр}} C_0$ для небольшой поверхности, обменивающейся теплом с помещением, можно считать равным коэффициенту излучения нагретой поверхности, т. е. $\varepsilon_{\text{пр}} C_0 = \varepsilon_{\text{пов}} C_0$

Для ржавых или окисленных стальных поверхностей коэффициент излучения приблизительно равен 4,7

4.6 ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ С ПРОДУКТАМИ СГОРАНИЯ

В результате горения топлива в печах, при газовой сварке, стеклодувных работах и им подобных в помещение частично попадают продукты сгорания, которые загрязняют воздух и одновременно вносят в помещение некоторое количество тепла. Печи могут быть с отводом продуктов сгорания (обычно при твердом и жидком топливе) и с выпуском всех продуктов сгорания непосредственно в помещение (например, при газовом топливе). Если продукты сгорания выпускаются в цех, тепlopоступления $Q_{п.с.}$, Вт, подсчитываются по расходу топлива G_T и его теплоте сгорания Q_p^H :

$$Q_{п.с.} = G_T \cdot Q_p^H \cdot \eta_T$$

где η_T — коэффициент, учитывающий неполноту сгорания топлива (0,9—0,97).

4.7 ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ ОТ ОСТЫВАЮЩЕГО МАТЕРИАЛА

Если в помещение подают материалы и изделия в нагретом состоянии, то необходимо учитывать тепло, которое они отдают помещению при охлаждении. Если жидкий материал при остывании в помещении твердеет (например, жидкий металл), то общее количество тепла $Q_{\text{ост}}$ отданного при остывании, равно:

$$Q_{\text{ост}} = [c_{\text{ж}}(t_{\text{нач}} - t_{\text{пл}}) + l_{\text{пл}} + c_{\text{т}}(t_{\text{пл}} - t_{\text{кон}})] \cdot G$$

где $c_{\text{ж}}$ и $c_{\text{т}}$ — удельная теплоемкость материала соответственно в жидком и твердом состоянии; $t_{\text{нач}}$, $t_{\text{кон}}$ и $t_{\text{пл}}$ — температура соответственно начальная, конечная и фазового превращения (плавления); $l_{\text{пл}}$ — теплота фазового превращения (плавления) материала; G — масса материала.

Теплофизические характеристики стали и чугуна

Материал			Теплоемкость металла	
Сталь	1300-1500	92-100	1,17	0,73
Чугун	1050-1500	96-100	1,05	(0,174) 0,755(0,18)

Если фазового превращения не происходит, то формула упрощается и $Q_{\text{ост}}$, кДж, равно:

$$Q_{\text{ост}} = c \cdot (t_{\text{нач}} - t_{\text{кон}}) \cdot G$$

4.8 ПЕРЕДАЧА ТЕПЛА ЧЕРЕЗ ОГРАЖДЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЯ

В результате тепловыделений температура в помещениях даже в теплый период года оказывается выше температуры наружного воздуха. Теплотери через наружные ограждения, обусловленные этой разностью температур, являются составляющей теплового баланса помещения.

Для теплого и переходного периодов года теплотери через ограждения могут быть получены пересчетом теплотерь в холодный период года пропорционально отношению расчетных разностей температур внутреннего и наружного воздуха.

В тепловом балансе помещения должны быть учтены также затраты тепла «на инфильтрацию наружного воздуха» (эксфильтрацию внутреннего воздуха) через неплотности в ограждениях.

Поступление тепла через наружные ограждения в теплое время года с учетом действия солнечной радиации производится для жилых и административных зданий, а для производственных, при наличии внутренних больших теплопоступлений, тепло вносимое солнечной радиацией не учитывается.

При расчетах учитываются углы падения солнечных лучей на наружные ограждения здания, материалы стен здания, колебания наружной температуры воздуха. Сами ограждения могут быть лучепрозрачными и массивными.

Общие теплопоступления складываются из теплопоступлений через массивные ограждения и лучепрозрачные (с помощью теплопередачи и непосредственного проникновения тепла)

4.9 МЕРЫ ТЕПЛОЗАЩИТЫ

Теплоизоляция основного технологического оборудования для большинства промышленных предприятий должна обеспечивать температуру на его поверхности не выше 45°C .

Тепловое излучение является профессиональным вредным выделением в горячих цехах. В условиях облучения снижается работоспособность (до 20%), увеличивается утомляемость, возрастает травматизм (до 30%). В связи с этим борьба с тепловым излучением имеет не только экономическое, но и оздоровительное социальное значение. Для защиты от теплового излучения применяют теплоотводящие, отражающие, прозрачные и непрозрачные экраны, цепные, сеточные и вододисперсные завесы, экраны с водяной пленкой, экраны из специальных отражательных стекол (прозрачных в сторону наблюдения), экраны-ширмы и т.д.

Для защиты от солнечной радиации следует прежде всего использовать конструктивно-планировочные решения и организованное проветривание.

Необходимо применять средства тепло- и солнцезащиты в виде теплоустойчивых, вентилируемых, орошаемых водой ограждений, внешних, межстекольных и внутренних устройств, затеняющих окна, солнцезащитных стекол (отражающих или поглощающих тепловое излучение, но прозрачных для видимого света) и т. д.

Одна из основных задач проектирования состоит в выявлении возможного теплового режима здания при различных мерах его обеспечения вентиляцией и в выборе экономически целесообразного варианта, поддерживающего заданные внутренние условия.