

В. М. Чаплинъ,
преподаватель Императорскаго Московскаго
Техническаго Училища.

Отопленіе и вентиляція.

Лекціи, читанныя на 3 курсѣ училища.

Съ 5 таблицами.



Издаіе
студентовъ
училища

МОСКВА.



Типо-литографія „Русскаго Т-ва печатнаго и издательскаго дѣла“.

Чистые пруды, Мыльниковъ пер., соб. д.

1903.



Назначеніе отопленія и вентиляціи.

Всякое жилое помѣщеніе можно разсматривать какъ часть атмосферы, изолированную въ большей или меньшей степени отъ вліянія неблагоприятныхъ внѣшнихъ климатическихъ условий. Чѣмъ суровѣе послѣднія, тѣмъ большее вниманіе обращается на эту изоляцію. Воздухъ, замкнутый въ наружныхъ огражденіяхъ жилища, претерпѣваетъ нѣкоторыя измѣненія въ своемъ составѣ подѣ вліяніемъ процессовъ дыханія, горѣнія, гніенія и проч., которые всегда имѣютъ мѣсто въ каждомъ жиломъ зданіи. Такъ какъ люди принуждены большую часть своей жизни проводить въ жилищахъ, то вредное вліяніе испорченнаго воздуха въ теченіе продолжительнаго времени вноситъ серьезное разстройство въ ихъ организмъ. Отопленіе и вентиляція имѣютъ своей цѣлью поддерживать воздухъ жилыхъ помѣщеній при тѣхъ условіяхъ его температуры и состава, которые признаются наиболѣе здоровыми и пріятными для обитателей жилищъ.

Составъ атмосфернаго и комнатнаго воздуха.

Главныя составныя части атмосфернаго воздуха—кислородъ и азотъ. Принимая среднія цифры, воздухъ содержитъ 20,9 объемн. частей кислорода и 79,1 об. частей азота. Это отношеніе весьма постоянно и почти не измѣняется въ воздухѣ морей, лѣсовъ и городовъ, т. е. при совершенно различныхъ условіяхъ потребленія и пополненія заключающагося въ немъ кислорода. Постоянство состава объясняется въ этомъ случаѣ непрерывнымъ движеніемъ воздуха и его смѣшеніемъ. Если мы представимъ себѣ атмосферный воздухъ совершенно замкнутымъ въ жиломъ помѣщеніи, гдѣ на лицо только процессы потребленія содержащагося въ немъ кислорода и отсутствуютъ источники его образованія, то намъ понятно будетъ, что воздухъ этотъ весьма быстро сдѣлается совершенно непригоднымъ для дыханія. Но на самомъ дѣлѣ болѣе или менѣе полная изоляція имѣетъ мѣсто лишь въ самыхъ исключительныхъ случаяхъ, и воздухъ жилыхъ помѣщеній всегда находитъ себѣ пути для выхода и замѣны наружнымъ подѣ вліяніемъ разности ихъ температуръ и подѣ вліяніемъ движенія внѣшняго воздуха, вслѣдствіе чего даже въ

весьма скученныхъ помѣщеніяхъ уменьшеніе кислорода замѣчается въ самой незначительной степени. Это ничтожное обѣдѣніе воздуха кислородомъ не имѣетъ никакого санитарнаго значенія, такъ какъ переносится людьми безъ всякаго вреда.

Азотъ воздуха не принимаетъ активнаго участія въ процессахъ дыханія, и его содержаніе въ воздухѣ жилыхъ помѣщеній можно считать тоже постояннымъ.

Атмосферный воздухъ содержитъ въ себѣ, какъ постоянную примѣсь, нѣкоторое количество углекислоты. Содержаніе этого газа весьма постоянно и колеблется въ предѣлахъ 0,3 до 0,4 объемныхъ частей на 1000 об. частей воздуха, что обозначается: 0, 3—0, 4⁰/₁₀₀ по объему. Въ воздухѣ жилыхъ помѣщеній количество углекислоты значительно увеличивается, такъ какъ всѣ жизненные процессы сопровождаются ея выдѣленіемъ.

Самъ по себѣ газъ этотъ, какъ примѣсь къ воздуху, переносится человѣческимъ организмомъ безъ всякихъ вредныхъ послѣдствій даже при его содержаніи въ воздухѣ въ гораздо большемъ количествѣ, чѣмъ это имѣетъ мѣсто въ жилищахъ, но сопутствующіе его продукты выдѣленій весьма вредно вліяютъ на человѣческій организмъ. Содержаніе въ воздухѣ этихъ продуктовъ въ нѣкоторой степени пропорціонально содержанію углекислоты; а такъ какъ послѣдняя качественно и количественно опредѣляется весьма легко, то, по предложенію извѣстнаго гигиениста Петтенкофера, во всѣхъ помѣщеніяхъ, гдѣ преобладающимъ источникомъ образованія углекислоты служитъ пребываніе въ нихъ людей, ее принимаютъ за мѣрило чистоты воздуха. Въ санитарной практикѣ установлено считать крайнимъ предѣломъ содержанія углекислоты въ жилыхъ помѣщеніяхъ 0, 7⁰/₁₀₀ до 1, 0⁰/₁₀₀. Эта норма, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, служить даннымъ для опредѣленія степени обмѣна воздуха для поддержанія должной его чистоты. Она же показываетъ намъ, при такомъ ничтожномъ образованіи углекислоты, а слѣдовательно, и ничтожной затратѣ на него кислорода, воздухъ дѣлается уже испорченнымъ для дыханія сопровождающими его примѣсями. Изъ этого же дѣлается понятнымъ, почему при отсутствіи этихъ примѣсей воздухъ жилищъ былъ бы исполнѣ пригоденъ для дыханія. Составъ и свойства этихъ газообразныхъ и парообразныхъ органическихъ примѣсей мало изученъ; мы не будемъ на нихъ останавливаться, тѣмъ болѣе, что въ нашихъ рукахъ есть, какъ выше указано, мѣрило для сужденія о количественномъ ихъ содержаніи въ воздухѣ жилищъ.

Атмосферный воздухъ содержитъ въ себѣ переменное количество водяныхъ паровъ. Средняя относительная влажность воздуха въ различныхъ странахъ колеблется въ предѣлахъ 30—90⁰/₁₀₀; колебаніе относительной влажности въ жилыхъ помѣщеніяхъ происходитъ еще въ большихъ предѣлахъ, но общепринятая норма влажности въ жилыхъ помѣщеніяхъ составляетъ 50⁰/₁₀₀ насыщенія; при такомъ содержаніи влаги въ воздухѣ онъ не отнимаетъ у человѣческаго организма слишкомъ много паровъ, и, оставаясь малотеплопроводнымъ, сберегаетъ животную теплоту.

Механическія примѣсы комнатнаго воздуха.

Ознакомившись въ общихъ чертахъ съ составомъ комнатнаго воздуха, остановимся на тѣхъ механическихъ примѣсахъ, которыя всегда въ немъ находятся и санитарное значеніе которыхъ весьма велико. Человѣкъ, вдыхая пыльный воздухъ, выдыхаетъ его обратно совершенно свободнымъ отъ механическихъ примѣсей, слѣдовательно, вся выдыхаемая имъ пыль остается въ слизистыхъ оболочкахъ дыхательныхъ путей, проникая во всѣ мельчайшія развѣтвленія легкихъ. Наибольшую степень вреда приносятъ пыль металлическая и минеральная, отдѣляемая при шлифовкѣ металловъ, стекла, камней и т. д. Затѣмъ слѣдуетъ пыль животная (шерсть, перья и т. д.) и менѣе всего опасной оказывается пыль растительная (мучная, древесная, угольная и т. д.). Впрочемъ изъ послѣдняго разряда нужно исключить пыль хлопчатобумажную, вліяніе которой на человѣческій организмъ крайне вредно. На бумагопрядильныхъ фабрикахъ до 40% умершихъ приходится на долю острыхъ и хроническихъ легочныхъ заболѣваній.

Еще большее значеніе въ санитарномъ отношеніи играетъ пыль, состоящая изъ микроорганизмовъ и бактерій, количество которыхъ въ жилыхъ помѣщеніяхъ при отсутствіи хорошаго обмѣна воздуха, бываетъ весьма велико. Морской воздухъ почти абсолютно чистъ въ отношеніи микроорганизмовъ, между тѣмъ какъ въ жилыхъ помѣщеніяхъ количество бактерій колеблется отъ 5000 до 100.000 шт. въ 1 куб. метрѣ воздуха, въ зависимости отъ санитарныхъ условій жилищъ.

Взрослый человѣкъ ежедневно вдыхаетъ въ себя 10 куб. метровъ воздуха, изъ чего можно заключить, какое огромное количество микроорганизмовъ остается въ дыхательныхъ путяхъ, и, конечно, между ними попадаетъ не мало и болѣзнетворныхъ, хотя большая часть микроорганизмовъ, находящихся въ воздухѣ, не обладаетъ этимъ свойствомъ.

Температура комнатнаго воздуха.

Вліяніе комнатнаго воздуха на человѣческій организмъ не ограничивается однимъ измѣненіемъ его состава подъ вліяніемъ жизненныхъ процессовъ и условій человѣческаго обихода; не меньшее значеніе имѣютъ и тѣ температурныя условія, которыя окружаютъ человѣка въ его жилищѣ.

Для того, чтобы человѣкъ свободно располагалъ своимъ трудомъ и отдыхомъ, онъ долженъ находиться при тѣхъ температурныхъ условіяхъ, которыя для него наиболѣе пріятны въ данное время. Мѣриломъ здѣсь служитъ самочувствіе. Но такъ какъ пользоваться этимъ мѣриломъ приходится только тогда, когда источники тепла уже на мѣстѣ, то для опредѣленія ихъ величины необходимо раньше знать, какая температура наиболѣе подходяща для различныхъ помѣщеній, въ которыхъ временами или постоянно находится человѣкъ.

Привожу таблицу температуръ, заимствованную изъ практики:

Назначеніе помѣщеній.	Таблица нормальн. температ.
1. Жилыя помѣщенія: школы, больницы	15°R
2. Залы для общественныхъ собраний	15°R
3. Казармы для рабочихъ на мануфактурахъ	16°R
4. Церкви.	12°R
5. Вокзалы.	12°R
6. Манежи	8—9°R
7. Мастерскія обыкновенныя	13—14°R
8. Вагонныя и паровозныя мастерскія.	8—10°R
9. Прядильни для хлопка	20°R
10. Входныя лѣстницы.	10—12°R
11. Ванныя комнаты.	18—20°R
12. Раздѣвальни въ баняхъ	20—22°R
13. Мыльни въ баняхъ.	23—25°R
14. Парильни русскія	45—50°R
15. Парильни восточныя	50—55°R

Весьма важно, чтобы температура каждого помѣщенія въ предѣлахъ пребыванія въ немъ людей была бы равномерна во всѣхъ его частяхъ, какъ въ вертикальномъ, такъ и въ горизонтальномъ направленіи. При сообщающихся между собой помѣщеніяхъ однороднаго назначенія нужно стремиться къ той же равномерности температуры. Принято считать допустимой разницу въ температурѣ помѣщеній однороднаго назначенія въ одномъ и томъ же зданіи не выше $1\frac{1}{2}^{\circ}$ R. Такая разница мало замѣтна для самочувствія и переносится безъ вреда даже для слабаго организма.

Движеніе комнатнаго воздуха.

Равномерность комнатной температуры достигается благодаря тому, что воздухъ въ жиломъ помѣщеніи всегда находится въ движеніи. Главная причина этому — охлажденіе воздуха у наружныхъ стѣнъ и нагрѣваніе у приборовъ отопленія. Кромѣ этого, вполнѣ естественнаго движенія воздуха, онъ приводится въ движеніе и искусственно для цѣлей его обмѣна.

Большая скорость движенія воздуха совершенно недопустима въ жилыхъ помѣщеніяхъ, особенно, если токъ его происходитъ при болѣе низкой температурѣ, чѣмъ комнатная. Скорость движенія воздуха вследствие разности температуръ различныхъ частей помѣщенія весьма не велика, но и она дѣлается замѣтной при большихъ высотахъ помѣщеній,

особенно если окна расположены въ верхнихъ ихъ частяхъ. При устройствѣ искусственной вентиляціи воздухъ, вводимый въ помещеніе для его провѣтриванія, долженъ имѣть температуру нѣсколько выше комнатной или близкую къ ней, при чемъ онъ долженъ входить съ умѣренной скоростью. Только при этихъ условіяхъ токъ воздуха не беспокоитъ находящихся въ помещеніи людей. Приточныя отверстія необходимо располагать выше роста человѣка, чтобы и та умѣренная скорость, съ которой входитъ воздухъ, была бы менѣ замѣтна.

Вліяніе наружныхъ стѣнъ.

Степень пригодности зданія для жилья опредѣляется не однимъ составомъ и физическими свойствами комнатнаго воздуха, но и свойствомъ и состояніемъ тѣхъ строительныхъ матеріаловъ, изъ которыхъ возведены стѣны зданія, его полы и потолки. Такъ какъ съ этимъ обстоятельствомъ приходится часто сталкиваться въ практикѣ, то я считаю нужнымъ ввести и ихъ въ число тѣхъ санитарныхъ условій, которыми должны удовлетворять наши жилища.

Одно изъ главныхъ условій пригодности матеріаловъ для наружныхъ стѣнъ жилищъ—это ихъ малая теплопроводность. Чѣмъ больше теплопроводность стѣнъ, тѣмъ ниже температура ихъ внутренней поверхности. Я уже указалъ выше на вліяніе этого обстоятельства на скорость движенія комнатнаго воздуха. Но не этимъ однимъ ограничивается вредное дѣйствіе холодныхъ наружныхъ стѣнъ. Человѣческое тѣло охлаждается, какъ и всякое физическое тѣло, нагрѣтое выше окружающей среды, отдачей тепла прикосновеніемъ окружающаго воздуха и предметовъ и излученіемъ тепла. Потеря тепла тѣмъ больше, чѣмъ ниже температура воздуха и окружающихъ предметовъ и чѣмъ скорѣе воздухъ движется у охлаждаемаго тѣла. Всѣ эти обстоятельства имѣютъ мѣсто при холодныхъ наружныхъ стѣнахъ, вліяніе которыхъ тѣмъ болѣе вредно, что тѣло охлаждается главнымъ образомъ со стороны, обращенной къ стѣнѣ; одностороннее же охлажденіе можетъ вызвать серьезное расстройство въ организмѣ.

Съ давнихъ поръ люди примѣняютъ для устройства своихъ жилищъ исключительно пористые матеріалы. Ими руководило въ этомъ случаѣ не теоретическое разсужденіе, а многолѣтній опытъ, устранившій всѣ остальные матеріалы, какъ непригодные для болѣе или менѣ суроваго климата.

Пористые матеріалы обладаютъ слѣдующими важными свойствами:

- 1) Вслѣдствіе содержанія внутри, въ порахъ воздуха, теплопроводность котораго весьма мала, мало теплопроводны сами.
- 2) Ихъ пористость способствуетъ обмѣну воздуха, необходимому для поддержанія его чистоты въ жилыхъ помещеніяхъ, при отсутствіи специальныхъ устройствъ для обмѣна.
- 3) Пористость играетъ роль, какъ регуляторъ степени влажности, поглощая ея избытокъ и выдѣляя обратно при ея недостаткѣ.

Но есть и неблагоприятныя стороны пористости матеріаловъ — это ихъ способность впитывать въ себя воду. Правда, изъ грунта вода поднимается на весьма небольшую высоту, и это обстоятельство можетъ быть устранено изолирующими прослойками въ стѣнахъ ниже уровня пола и выше поверхности земли; но та вода, которая употребляется для смачиванія матеріаловъ при возведеніи зданія, остается въ нихъ до ихъ полной просушки и значительно ухудшаетъ ихъ свойства. Предварительная просушка зданія поэтому является необходимымъ условіемъ его пригодности для жилья. Изъ экономіи, а иногда не сознавая значенія этого обстоятельства, дома занимаютъ жильемъ безъ предварительной ихъ просушки, предполагая, что она произойдетъ весьма быстро, разъ зданіе будетъ отапливаться. Но взглядъ этотъ ошибоченъ и приводитъ къ тому, что зданіе дѣлается иногда совершенно испорченнымъ для жилья. Дѣйствительно, необходимымъ условіемъ всякой просушки является ввѣдъ въ помѣщеніе воздуха, способнаго поглотить въ себя нѣкоторое количество паровъ, и извлеченіе воздуха уже насыщеннаго парами, такъ какъ послѣдній принимать участія въ сушкѣ уже не можетъ. Чтобы сдѣлать наружный воздухъ болѣе способнымъ къ поглощенію влаги, нужно понизить его относительную влажность, что достигается его нагрѣваніемъ. На этомъ и основана просушка зданія, если его стѣны не успѣли просохнуть, когда стояли открытыми для свободнаго движенія наружнаго воздуха. Закрывъ помѣщеніе отъ бесполезной потери тепла, устанавливаютъ въ немъ временныя печи или энергично топятъ постоянныя, вызывая постоянный обмѣнъ воздуха вводомъ его снаружи и выпускомъ въ вытяжныя трубы. Подобнаго рода сушка не можетъ имѣть мѣста, разъ жилье занято. Вслѣдствіе большей теплопроводности сырыхъ стѣнъ, со стороны обитателей принимаются всѣ мѣры для поддержанія необходимой для жилья температуры, что совершенно исключаетъ ввѣдъ холоднаго воздуха. Воздухъ помѣщеній дѣлается насыщеннымъ водяными парами, которые осаждаются на холодныхъ стѣнахъ, что никакъ не можетъ способствовать ихъ просушкѣ. Всѣ тѣ цифровыя данныя, которыя служатъ для вычисленія потери тепла вѣншими поверхностями зданія, относятся къ матеріаламъ сухимъ, что необходимо имѣть въ виду при опредѣленіи расхода тепла вѣншими огражденіями.

Удобства и недостатки печного отопленія

Печное отопленіе представляет во многихъ отношеніяхъ преимущества передъ остальными системами. Полная независимость отопленія отдѣльныхъ помѣщеній отъ отопленія всего зданія является выгодой всякаго мѣстнаго отопленія, она даетъ возможность пользоваться печами и въ тѣхъ случаяхъ, при центральномъ отопленіи почти неразрѣшимыхъ, когда нужно отопить во всемъ зданіи лишь одно или нѣсколько помѣщеній, нуждающихся въ поддержаніи болѣе высокой температуры, чѣмъ остальные. Кромѣ того, при случайномъ поврежденіи одной части зданія, при пожарѣ, случайномъ ремонтѣ и т. д. отопленіе въ остальныхъ частяхъ не нарушается, или по крайней мѣрѣ, при печномъ отопленіи меньше опасности въ нарушеніи дѣйствія отопленія.

Но приборы мѣстнаго отопленія представляютъ при этомъ и значительныя неудобства при отопленіи большихъ зданій. Большое количество топокъ, раскинутыхъ по всѣмъ его частямъ, крайне затрудняетъ и усложняетъ уходъ за ними, обуславливаетъ часто неэкономичное сжиганіе топлива и опасность отъ угара. Устройство многочисленныхъ дымовыхъ трубъ и фундаментовъ для печей, зависимость между расположеніемъ помѣщеній и размѣщеніемъ нагрѣвательныхъ приборовъ—все это заставляеть въ большихъ зданіяхъ предпочитать центральныя системы отопленія, въ которыхъ источникъ тепла вынесенъ изъ отапливаемыхъ помѣщеній, и тепло передается послѣднимъ съ помощью воздуха, воды или пара.

Выгоды и недостатки духового отопленія.

Духовые каналы, отводящіе теплый воздухъ изъ камеры въ помѣщеніе, нельзя относить отъ камеры больше 3—4 сажень въ горизонтальномъ направленіи, слѣдовательно районъ отопленія каждой камеры, принимая ея ширину въ 5 арш. не можетъ быть великъ, вслѣдствіе чего для большихъ зданій требуется ставить нѣсколько калориферовъ. Въ жилыхъ помѣщеніяхъ нельзя допускать циркуляціи воздуха черезъ камеру, постоянный же обмѣнъ воздуха свѣжимъ для многихъ помѣщеній является совершенно излишнимъ, вслѣдствіе чего система духового отопленія въ этомъ случаѣ неэкономична. Кромѣ того, наружный воздухъ, нагрѣваясь въ камерѣ, значительно уменьшаетъ свою относительную влажность и при отсутствіи или недостаточномъ дѣйствіи увлажнительныхъ приборовъ, воздухъ помѣщеній дѣлается слишкомъ сухимъ. При нарушеніи надлежащей связи между кирпичами оборотовъ продукты горѣнія проникаютъ въ камеру, что влечетъ за собой угаръ въ комнатахъ. Но и при удовлетворительномъ состояніи калорифера высокая температура его поверхностей оказываетъ вліяніе на чистоту воздуха вслѣдствіе пригоранія органической пыли.

Въ помѣщеніяхъ для временнаго пребыванія людей эти обстоятельства не имѣютъ того серьезнаго значенія, какъ въ жилыхъ домахъ, почему тамъ, благодаря меньшей затратѣ на первоначальное устройство, духовое отопленіе часто съ удобствомъ употребляется.

Выгоды и недостатки водяного отопленія.

Достоинство системы заключается въ слѣдующемъ:

- 1) Температура нагревательныхъ приборовъ умеренная; а въ обыкновенныхъ случаяхъ она не превосходитъ 60°Ц. повышается лишь при сильныхъ морозахъ до 80° — 85°Ц.
- 2) Возможность размѣщать нагревательные приборы у мѣстъ наибольшаго охлажденія, придавая имъ размѣры, точно соответствующіе потерѣ тепла въ каждомъ помѣщеніи, что даетъ полную равномерность комнатной температуры.
- 3) Возможность въ широкихъ предѣлахъ регулировать температуру помѣщений.
- 4) Большая теплоемкость системы даетъ возможность дѣлать значительные перерывы въ топкѣ, не понижая замѣтно температуры помѣщений.
- 5) Высокій коэффициентъ полезнаго дѣйствія, достигающій 0,80 при правильномъ устройствѣ системы.
- 6) Простой уходъ.
- 7) Долговѣчность системы во всѣхъ ея частяхъ.
- 8) Возможность отапливать запертыя помѣщенія.
- 9) Значительные районы отопленія изъ одного центра.
- 10) Возможность пользоваться любымъ топливомъ.

Къ недостаткамъ системы можно отнести:

- 1) Болѣе высокая цѣнность первоначальнаго устройства.
- 2) Необходимость пользованія всей системой для нагреванія нѣкоторыхъ помѣщений зданія, почему либо требующихъ болѣе высокой температуры.
- 3) Вліяніе мѣстной порчи на дѣйствіе всей системы.
- 4) Возможность замерзанія трубъ и приборовъ при невнимательномъ уходѣ за системой.
- 5) Возможность течи при неплотности соединеній.

Выгоды и недостатки парового отопленія.

Къ преимуществамъ парового отопленія нужно отнести:

- 1) Дешевизну первоначальнаго устройства.
- 2) Значительность района отопленія изъ одного центра.
- 3) Быстрое повышеніе или пониженіе температуры нагревательныхъ приборовъ, въ связи съ ихъ малой теплоемкостью.
- 4) Возможность примѣнять для цѣлей отопленія паръ исходящій изъ паровыхъ машинъ, или паръ отъ фабричныхъ котловъ.
- 5) Высокій коэффициентъ полезнаго дѣйствія (0,70—0,75).

Къ недостаткамъ системы относятся:

- 1) Необходимость поддерживать непрерывную топку паровыхъ котловъ, хотя большею частью снабженныхъ автоматическими топочными приборами, все же требующими сложнаго ухода и наблюденія.
- 2) При автоматическихъ топкахъ необходимость примѣнять сравнительно дорогое топливо—коксъ и антрацитъ.
- 3) Вслѣдствіе рѣзкихъ колебаній температуръ въ системѣ возможны разстраиванія ея отдѣльныхъ частей, что особенно неудобно въ виду того, что всѣ паровыя трубы, какъ имѣющія слишкомъ высокую температуру, задымляются въ борозлы.
- 4) Разъѣданія трубъ, особенно конденсаціонныхъ, ржавчиной. Примѣненіе резервуаровъ съ постояннымъ воздухомъ въ значительной степени, устраняють этотъ недостатокъ, но все же совокупность всѣхъ неблагоприятныхъ условий, указанныхъ выше, заставляютъ считать системы паровыхъ отопленій менѣе долговѣчными и надежными, чѣмъ водяное отопленіе низкаго давленія.
- 5) Сложность устройства системы, умѣлое управленіе которой требуетъ нѣкоторыхъ специальныхъ знаній, что весьма затруднительно для небольшихъ системъ, которыя не могутъ выдержать болѣе дорогаго спеціального надзора.