

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ
И БЕЗОПАСНОСТЬ

Методические указания

Составители: Г. Ф. Несоленов, С. С. Козий, Т. Б. Козий

УДК 658.283(076.5):669

Метеорологические условия производственной среды и

безопасность: Метод. указания / Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост.

Г. Ф. Несоленов, С. С. Козий, Т. Б. Козий. Самара, 2005. 36 с.

Рассматриваются физические параметры метеорологических условий производственной среды, методы их измерения и расчеты; влияние на тепловое самочувствие человека в процессе труда; процессы регулирования тепловыделений организмом человека; принципы нормирования показателей микроклимата в рабочей зоне производственных помещений; профилактика неблагоприятного воздействия микроклимата.

Приведена последовательность выполнения лабораторной работы, позволяющая практически и теоретически определить параметры воздушной среды на рабочем месте, их соответствие СанПиН 2.2.4.548-96 и на основании полученных данных провести классификацию условий труда в каждом конкретном случае согласно Р 2.2.755-99.

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения. Разработаны на кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета.

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. И. П. Полов,

канд. техн. наук, доц. В. П. Бровяков.

Цель работы: изучение влияния параметров микроклимата на самочувствие и безопасность работающих, нормирования, методов определения конкретных значений величин параметров; экспериментальное определение параметров микроклимата в производственной среде и определение класса условий труда.

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

Эффективность деятельности человека зависит от условий, в которых она протекает. Обстановка, в которой осуществляется деятельность человека, определяется понятием среды обитания (техносфера).

Техносфера - регион биосфера в прошлом, преобразованный людьми с помощью прямого или косвенного воздействия технических средств в целях наилучшего соответствия своим материальным и социально-экономическим потребностям (регион города или промышленной зоны, производственная или бытовая среда).

Человек и окружающая его среда гармонично взаимодействуют и развиваются в условиях, когда потоки энергии, вещества и информации находятся в пределах, благоприятно воспринимаемых человеком и природной средой.

Проектирование техносферы по условиям безопасности жизнедеятельности достигается обеспечением комфорта в зонах жизнедеятельности; правильным расположением источников опасностей и зон пребывания человека, сокращением размеров опасных зон; применением экобиозащитной техники и средств индивидуальной защиты.

Производственная среда - пространство, в котором совершается трудовая деятельность человека.

Производственные помещения - замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение всего рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

Рабочее место - зона постоянной или временной (более 50% или более 2 часов непрерывно) деятельности работающего.

Рабочая зона - пространство высотой 2 м над уровнем пола или площадки, на которой расположено рабочее место. Если эти

участки расположены по всему помещению, то рабочим местом считается вся площадь помещения.

Условия труда - совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Опасная зона - пространство, в котором постоянно или периодически действует опасный производственный фактор.

Вредный производственный фактор - фактор среды и трудового процесса, который может вызвать профессиональную патологию, временное или стойкое снижение трудоспособности, повысить частоту соматических и инфекционных заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства.

Вредными производственными факторами могут быть:

- **физические факторы**: температура, влажность и подвижность воздуха, неионизирующие электромагнитные излучения (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное, лазерное, микроволновое, радиочастотное, низкочастотное), статические, электрические и магнитные поля, ионизирующие излучения, производственный шум, вибрация, ультразвук, аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (пыли), освещенность;

- **химические факторы**, в том числе некоторые вещества биологической природы (антибиотики, витамины, гормоны, ферменты);

- **биологические факторы**: патогенные микроорганизмы, продуценты, препараты, содержащие живые клетки и споры микроорганизмов, белковые препараты;

- **факторы трудового процесса**, характеризующие тяжесть физического труда: физическая динамическая нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза, стереотипные рабочие движения, статическая нагрузка, рабочая поза, наклоны корпуса, перемещение в пространстве;

- **факторы трудового процесса**, характеризующие напряженность труда: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, монотонность нагрузок, режим работы.

Опасный производственный фактор - фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья, смерти.

В зависимости от количественной характеристики и продолжительности действия отдельные вредные производственные факторы могут стать опасными.

Безопасные условия труда - условия труда, при которых воздействие на работающих вредных и опасных производственных факторов не превышает уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

Комфортность техносферы - оптимальное сочетание параметров микроклимата, удобств, благоустроенности и уюта в зонах деятельности и отдыха человека.

Одним из необходимых условий жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека.

1. ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НА ОРГАНИЗМ РАБОТАЮЩИХ

Метеорологические условия (микроклимат) на производстве - комплекс физических факторов производственной среды, оказывающих преимущественное влияние на теплообмен организма. Метеорологические условия, или микроклимат, зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий отопления и вентиляции.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются физические параметры среды: 1) температура воздуха; 2) температура окружающих человека поверхностей; 3) относительная влажность воздуха; 4) скорость движения воздушной среды; 5) интенсивность теплового облучения.

Кроме перечисленных параметров производственная среда может дополнительно характеризоваться радиацией, электрическим состоянием воздушной среды, окружающей рабочее место.

В условиях авиа- и машиностроения основное гигиеническое значение по метеорологическим параметрам имеют первые четыре фактора.

В горячих цехах или при работе на холоде дополнительно учитывается так называемая тепловая нагрузка среды, характеризующаяся либо повышенным тепловым облучением, либо воздействием пониженных или отрицательных температур.

При высотных полётах в дополнение к параметрам учитывается барометрическое давление, радиация и ионизация воздуха. Отклонение перечисленных факторов может влиять как на характеристики технологического процесса, так и на качество изделий и выполняемой работы (повышенная влажность воздуха при склеивании деталей ухудшает качество соединений).

Факторы, влияющие на микроклимат, можно разделить на две группы: **нерегулируемые** (комплекс климатообразующих факторов рассматриваемой местности) и **регулируемые** (особенности и качество строительства зданий и сооружений, измерительных приборов, кратность воздухообмена, количество людей в помещениях и другие).

Для поддержания параметров воздушной среды рабочих зон решающее значение принадлежит факторам второй группы.

Жизнедеятельность человека сопровождается непрерывным выделением теплоты в окружающую среду. Её количество зависит от степени физического напряжения в определенных климатических условиях. Для нормального протекания физиологических процессов в организме человека необходимо, чтобы выделяемая организмом теплота полностью отводилась в окружающую среду. Нарушение теплового баланса между организмом и средой может привести к перегреву или переохлаждению организма. Условия, нарушающие тепловой баланс, вызывают в организме ответные реакции, способствующие его восстановлению и за счет адаптивных и компенсаторных возможностей организма.

Процессы регулирования тепловыделений для поддержания постоянной температуры тела человека в пределах 36 - 37°C называются терморегуляцией. **Терморегуляция** - физиологический процесс, находящийся под контролем центральной нервной системы. Процессы регулирования тепловыделений осуществляются в основном тремя способами: биохимическим; за счет изменения интенсивности кровообращения и интенсивности потовых выделения.

Биохимическая терморегуляция достигается изменением уровня обмена веществ (интенсивности окислительных процессов) при перегревании или охлаждении организма.

Изменение интенсивности кровообращения заключается в способности организма регулировать подачу крови (теплоносителя) от внутренних органов к поверхности тела путем сужения или расширения кровеносных сосудов в зависимости от температуры окружающей среды.

Терморегуляция изменением интенсивности потовыделения осуществляется за счет изменения процесса теплоотдачи и в результате испарения (потовыделения). Отдача тепла с потоотделением возможна лишь в том случае, если выделяемый пот испаряется с поверхности тела.

Терморегуляция организма осуществляется одновременно всеми способами.

Терморегуляция Q исключает переохлаждение и перегрев организма, так как обеспечивает равновесие между количеством тепла, непрерывно образующимся в организме, и излишком тепла, непрерывно отдаваемом в окружающую среду, т. е. сохраняется тепловой баланс организма.

Терморегуляцию можно представить следующим образом:

$$Q = \pm M \pm R \pm C - E.$$

Поддержание постоянства температуры тела определяется теплопродукцией организма M , т.е. процессами обмена веществ в клетках (переваривание пищи, сжигание запасов сахара и жира). Теплопродукция основана:

- на физической активности (выполнении работы, непроизвольном дрожании мышиц);

- теплоотдаче или теплоприходе R за счет инфракрасного излучения в окружающее пространство или получения этого излучения поверхностью тела;

- теплоотдаче или теплоприходе за счет конвекции C , т.е. через нагрев или охлаждение тела воздухом, омывающим поверхность тела;

- теплоотдаче E , обусловленной испарением влаги с поверхности кожи, слизистых оболочек верхних дыхательных путей, легких. Термо, получаемое телом, зависит от теплопроводности одежды и теплопропускности контактируемого оборудования.

Изменение параметров микроклимата вызывает изменение процентного содержания величин, определяющих тепловой баланс организма человека.

В нормальных условиях при слабом движении воздуха человек в состоянии покоя теряет в результате тепловой радиации около-

45% всей вырабатываемой организмом тепловой энергии, конвекцией до 30% и испарением до 25%. При этом свыше 80% тепла отдается через кожу, ~13% – через органы дыхания, около 7% тепла расходуется на согревание принимаемой пищи, воды и выдыхаемого воздуха.

При повышении температуры наружного воздуха и тех же значениях относительной влажности испаряемость кожного покрова увеличивается за счет потоотделения с поверхности кожи человека. Потоотделение играет важную роль в сохранении комфорtnого состояния человека, оно выражается в потере тепла организмом. Так, при нормальных атмосферных условиях организм выделяет от 0,4 до 0,6 л пота в сутки, а за 1 час потовоыделения затрачивается 0,6 ккал.

При работе в условиях повышенной температуры и влажности теплоотдача организма затруднена.

2. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Анализ приведенного выше уравнения позволяет сделать вывод, что тепловое самочувствие человека, или тепловой баланс, в системе "человек-среда обитания" зависит от температуры среды, подвижности и относительной влажности воздуха, атмосферного давления, температуры окружающих предметов и интенсивности физической нагрузки организма.

Повышение температуры воздуха в производственном помещении способствует увеличению теплоотдачи за счет испарения, а также интенсивности кровообращения. Так как при повышенной температуре кровеносные сосуды человека расширяются, то потеря тепла за счет теплопроводности, конвекции и нагрева выдыхаемого воздуха уменьшается.

Понижение температуры и повышение скорости воздуха способствуют усилинию конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма. При повышении температуры воздуха возникают обратные явления.

Исследованиями установлено, что при температуре воздуха более 30°C работоспособность человека начинает падать. Для человека определены максимальные температуры в зависимости от длительности их воздействия и используемых средств защиты. Предельная температура вдыхаемого воздуха, при которой человек в состоянии дышать в течение нескольких минут без специальных средств защиты, около 116°C.

Переносимость человеком температуры, как и его теплоощущение, в значительной мере зависит от влажности и скорости окружающего воздуха. Чем больше относительная влажность, тем меньше испаряется пота в единицу времени и тем быстрее наступает перегрев тела. Особенно неблагоприятное воздействие на теплоовое самочувствие человека оказывает высокая влажность при $t_{oc} = 30^\circ\text{C}$, так как при этом почти вся выделяемая теплота отдается в окружающую среду при испарении пота. При повышении влажности пот не испаряется, а стекает каплями с поверхности кожного покрова. Возникает так называемое "проливное" течение пота, изнуряющее организм и не обеспечивающее необходимую теплоотдачу.

Недостаточная влажность воздуха также может оказаться неблагоприятной для человека вследствие интенсивного испарения влаги со слизистых оболочек, их пересыхания и растрескивания, а затем загрязнения болезнетворными микроорганизмами. Поэтому при длительном пребывании людей в закрытых помещениях рекомендуется ограничиваться относительной влажностью в пределах 30...70%.

Величина потоотделения мало зависит от недостатка воды в организме или от её чрезмерного потребления. У человека, работающего в течение трех часов без приёма жидкости, образуется только на 8% меньше пота, чем при полном возмещении потерянной влаги. При потреблении воды вдвое больше потерянного количества наблюдается увеличение потовыделения всего на 6% по сравнению со случаем, когда вода возмещалась на 100%.

Вместе с потом организм теряет значительное количество минеральных солей (до 1%, в том числе 0,4...0,6% NaCl). При неблагоприятных условиях потеря жидкости может достигать 8...10 л за

смену и в ней до 60 г поваренной соли (всего в организме около 140 г NaCl). Потеря соли лишает кровь способности удерживать воду и приводит к нарушению деятельности сердечно-сосудистой системы. При высокой температуре воздуха легко расходуются углеводы, жиры, разрушаются белки. Считается допустимым для человека снижение его массы на 2-3% путём испарения влаги - *обезвоживания организма*. Обезвоживание на 6% влечет за собой нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения; испарение влаги на 15...20% приводит к смертельному исходу.

Для восстановления водного баланса людям, работающим в горячих цехах, устанавливают автоматы с подсоленной (около 0,5% NaCl) газированной питьевой водой из расчета 4-5 л на человека в смену. На многих заводах для этих целей применяют белково-витаминный напиток. В жарких климатических условиях рекомендуется пить охлажденную питьевую воду или чай.

Длительное воздействие высокой температуры, особенно в сочетании с повышенной влажностью, может привести к значительному накоплению теплоты в организме и развитию перегревания организма выше допустимого уровня - *гипертермии* - состоянию, при котором температура тела поднимается до 38-39°C. При гипертермии и, как следствие, тепловом ударе наблюдается головная боль, головокружение, общая слабость, искажение цветового восприятия, сухость во рту, тошнота, рвота, обильное потоотделение. Пульс и дыхание учащены, в крови увеличивается содержание азота и молочной кислоты. При этом наблюдается бледность, синюшность, зрачки расширены, временами возникают судороги, потеря сознания.

Производственные процессы, выполняемые при пониженной температуре, большой подвижности и влажности воздуха, могут быть причиной охлаждения и даже переохлаждения организма - *гипотермии*. В начальный период воздействия умеренного холода наблюдается уменьшение частоты дыхания, увеличение объёма вдоха. При продолжительном действии холода дыхание становится неритмичным, частота и объём вдоха увеличиваются, изменяется углеводный обмен. Увеличение обменных процессов при понижении температуры на 1°C составляет около 10%, а при интенсивном охлаждении может возрасти в 3 раза по сравнению с уровнем

основного обмена. Появление мышечной дрожи, при которой внешняя работа не совершается, а вся энергия превращается в теплоту, может в течение некоторого времени задерживать снижение температуры внутренних органов. Результатом действия низких температур являются холодовые травмы.

Атмосферное давление оказывает существенное влияние на процесс дыхания и самочувствие человека. Если без воды и пищи человек может прожить несколько дней, то без кислорода - всего несколько минут. Основным органом дыхания человека, посредством которого осуществляется газообмен с окружающей средой, является тарабронхиальное дерево и большое число лёгочных пузырьков (альвеол), стенки которых пронизаны густой сетью капиллярных сосудов. Общая поверхность альвеол взрослого человека составляет $90\ldots 150 \text{ м}^2$. Через стенки альвеол кислород поступает в кровь для питания тканей организма.

Наличие кислорода во вдыхаемом воздухе - необходимое, но недостаточное условие для обеспечения жизнедеятельности организма. Интенсивность диффузии кислорода в кровь определяется парциальным давлением кислорода в альвеолярном воздухе.

Наиболее успешно диффузия кислорода в кровь происходит при парциальном давлении кислорода в пределах от 95 до 120 мм рт. ст. Изменение парциального давления вне этих пределов приводит к затруднению дыхания и увеличению нагрузки на сердечно-сосудистую систему. На высоте 2-3 км (70 мм рт. ст.) насыщение крови кислородом снижается до такой степени, что вызывает усиление деятельности сердца и легких. Но даже длительное пребывание человека в этой зоне не сказывается на его здоровье, и она называется зоной достаточной компенсации. С высоты 4 км (60 мм рт. ст.) диффузия кислорода легких в кровь снижается до такой степени, что, несмотря на большое содержание кислорода (~21%), может наступить кислородное голодание - гипоксия. Основные признаки гипоксии - головная боль, головокружение, замедленная реакция, нарушение нормальной работы органов слуха и зрения, нарушение обмена веществ.

Удовлетворительное самочувствие человека при дыхании воздухом сохраняется до высоты около 4 км, чистым кислородом

(~100%) до высоты 12 км. При длительных полётах на летательных аппаратах на высоте более 4 км применяют либо кислородные маски, либо скафандрьи, либо герметизацию кабин. При нарушении герметизации давление в кабине резко снижается. Часто этот процесс протекает быстро, что имеет характер своеобразного взрыва и называется *взрывной декомпрессией*. Эффект воздействия взрывной декомпрессии на организм зависит от начального значения и скорости понижения давления, от сопротивления дыхательных путей человека, общего состояния организма.

В общем случае чем меньше скорость понижения давления, тем легче она переносится. Уменьшение давления на 385 мм рт. ст. за 0,4 с человек переносит без каких-либо последствий. Однако новое давление, которое возникает в результате декомпрессии, может привести к высотному метеоризму и высотным эмфиземам. *Высотный метеоризм* - это расширение газов, имеющихся в свободных полостях тела (на высоте 12 км объём желудка и кишечного тракта увеличивается в 5 раз). *Высотные эмфиземы*, или высотные боли, - это переход газа из растворенного состояния в газообразное.

При выполнении кессонных и глубоководных работ обычно различают 3 периода: повышение давления - компрессия; нахождение в условиях повышенного давления; период понижения давления - декомпрессия. Каждому из них присущ специфический комплекс функциональных изменений в организме.

Избыточное давление воздуха приводит к повышению парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе, к уменьшению объема легких и увеличению силы дыхательной мускулатуры, необходимой для производства вдоха-выдоха. В связи с этим работа на глубине требует поддержания повышенного давления с помощью специального снаряжения и оборудования, в частности кессонов или водолазного снаряжения.

При работе в условиях избыточного давления снижаются показатели вентиляции легких за счет некоторого урежения частоты дыхания и пульса. Длительное пребывание при избыточном давлении (порядка 700 кПа) приводит к токсическому действию некоторых газов, входящих в состав вдыхаемого воздуха. Оно проявляется в нарушении координаций движений, возбуждении или угнетении, галлюцинациях, ослаблении памяти, рассстройстве зрения и слуха.

Наиболее опасен период декомпрессии, во время которого и вскоре после выхода в условиях нормального атмосферного давления может развиться *декомпрессионная (кессонная) болезнь*. Сущность её состоит в том, что в период компрессии и пребывания при повышенном атмосферном давлении организм через кровь насыщается азотом. Полное насыщение организма азотом наступает через 4 часа пребывания в условиях повышенного давления.

В процессе декомпрессии вследствие падения парциального давления в альвеолярном воздухе происходит десатурация (выделение) азота из тканей, которая осуществляется через кровь и затем легкие. Продолжительность десатурации зависит в основном от степени насыщения тканей азотом (легочные альвеолы диффундируют 250 мл азота в минуту). Если декомпрессия производится форсированно, в крови и других жидкостях образуются пузырьки азота, которые вызывают газовую эмболию (закупорка сосудов газами) и как её проявление - *декомпрессионную болезнь*. Тяжесть декомпрессионной болезни определяется массовостью закупорки сосудов и их локализацией. Развитию декомпрессионной болезни способствует переохлаждение или перегревание организма. Понижение температуры приводит к сужению сосудов, замедлению кровотока, что замедляет удаление азота из тканей и процесс десатурации. При высокой температуре наблюдается сгущение крови и замедление её движения.

3. ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Влажность воздуха зависит от содержания водяных паров и характеризуется абсолютной, максимальной и относительной влажностью, а также дефицитом насыщения.

Абсолютная влажность - упругость водяных паров, находящихся в рассматриваемый момент в воздухе, или количество водяных паров в граммах, содержащихся в 1 м³ воздуха в момент исследования. Абсолютная влажность выражается в мм рт. ст. или Па.

Максимальная влажность - упругость водяных паров при полном насыщении воздуха влагой при определенной температуре или количество водяных паров в граммах, содержащихся в 1 м³ воздуха при той же температуре.

Абсолютную и максимальную влажность определяют с помощью приборов, называемых психрометрами, которые имеют 2 терометра – "сухой" и "влажный". Психрометры бывают двух типов: стационарные и более совершенные аспирационные (Ассмана) (рис. 1) с защитой от лучистого тепла и вентиляторов для обдува терометров.

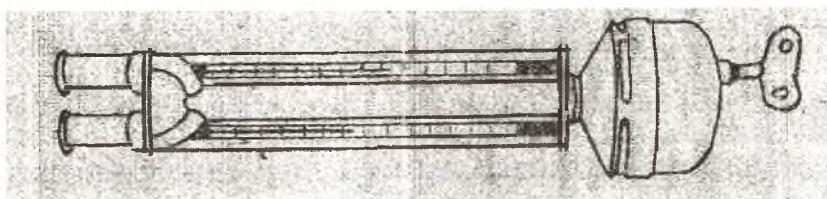


Рис. 1. Аспирационный психрометр (Ассмана)

Относительная влажность представляет собой отношение значений абсолютной и максимальной влажности, выраженное в процентах. Относительная влажность определяется гигрометрами и гигрографами - самопишущими приборами для непрерывной регистрации изменений значений относительной влажности в течение длительного периода времени.

Дефицит насыщения (физиологический) - разность между значениями влажности воздуха при температуре 37°C (температура тела человека) и абсолютной в момент исследования. Он указывает, сколько граммов воды может извлечь из организма человека 1 м³ выдыхаемого им воздуха.

Дефицит насыщения относится к одному из важных экологических параметров, так как характеризует сразу 2 параметра - влажность и температуру. Чем выше дефицит насыщения, тем суще и теплее, и наоборот.

Важной характеристикой влажности воздуха является такое понятие, как точка росы.

Точка росы характеризуется температурой, при которой воздух становится насыщенным водяными параметрами, переходящими в капелькоидное состояние - появление росы. Точку росы определяют по абсолютной влажности. Зная точку росы, можно

графически определить парциальное давление водяного пара, а следовательно и относительную влажность.

Гигиеническое значение влажности воздуха определяется влиянием на тепловой обмен организма.

3.1. Определение абсолютной и максимальной влажности по психрометру без обдува термометров

Абсолютная или максимальная влажность по значениям температуры "влажного" и "сухого" термометров без их обдува можно вычислить по уравнению

$$A = f - \alpha (t_1 - t_2)B, \quad (1)$$

где f - упругость водяных паров при температуре t_2 влажного термометра, мм рт. ст.; α - психрометрический коэффициент, зависящий от скорости движения массы воздуха на рабочем месте; t_1 и t_2 - показания "сухого" и "влажного" термометров, $^{\circ}\text{C}$; B - барометрическое давление, мм рт. ст.

3.2. Определение абсолютной и максимальной влажности по психрометру с обдувом термометров

Абсолютная или максимальная влажность по значениям температуры "влажного" и "сухого" термометров с их обдувом можно вычислить из выражения

$$A' = f - 0,5(t'_1 - t'_2) \frac{B}{755},$$

где t'_1 и t'_2 - показания "сухого" и "влажного" термометров, замеренные после 3-4 минут работы вентилятора, $^{\circ}\text{C}$; 0,5 - постоянный психрометрический коэффициент для определенного психрометра; 755 - среднее барометрическое давление, мм рт. ст.

Значения относительной влажности рассчитываются по найденным значениям абсолютной и максимальной влажности:

$$R = \frac{100A}{F}, \quad (2)$$

где F - максимальная влажность при температуре "сухого" термометра, мм рт. ст.

Для закрытых помещений без вентиляции, в которых скорость движения массы воздуха не превышает 0,2 м/с, относительную влажность определяют по соответствующей табл. П1 в зависимости от показаний психрометра Августа.

В помещениях с принудительной вентиляцией, в которых скорость движения воздуха превышает 0,2 м/с, относительная влажность вычисляется в соответствии с показаниями аспирационного психрометра Ассмана.

4. ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Обдув ветром тела, как одного из метеорологических параметров по воздействию на человека, имеет одно из ключевых значений. Такое воздействие обдува зависит от его скорости и направленности движения перемещаемой массы воздуха.

Большое гигиеническое значение имеет частота (повторяемость) ветров, которая позволяет правильно решить вопрос о строительстве промышленных предприятий с учетом ветровой нагрузки на строительные конструкции.

4.1. Косвенный метод определения скорости движения воздуха

Направление ветра определяется флюгером, а его скорость при больших значениях (>1 м/с) чащечными или крыльчатыми анемометрами, которые снабжены тарировочными графиками. При малых скоростях движения воздуха (<1 м/с) - кататермометрами (рис. 2) - спиртовыми термометрами с цилиндрическими или шаровыми резервуарами.



Рис. 2. Кататермометры

Для измерения скорости воздуха резервуар кататермометра погружают в горячую воду с температурой (60...80°C) и держат его в ней до тех пор, пока спирт не заполнит примерно половину расширения капилляра. Затем резервуар насухо вытирают, и прибор подвешивают в месте замера движения воздуха. Вследствие охлаждения кататермометра спирт из расширения капилляра переходит в резервуар. По секундомеру определяют время, за которое температура уменьшится от 38 до 35°C (исследования повторяют несколько раз, так определяют среднее значение времени).

Каждый прибор за время опускания столбика спирта с 38 до 35°C теряет с 1 см² поверхности резервуара определенное постоянное для прибора количество тепла. Эта величина носит название фактора F и указывается на тыльной стороне прибора (в милликалориях).

Время T, в течение которого кататермометр потеряет это количество тепла, зависит от температуры и скорости движения воздуха, т.е. от охлаждающей способности, млкал/с:

$$H = \frac{F}{T} \quad . \quad (3)$$

Определив охлаждающую способность, вычисляют скорость движения воздуха в помещении, м/с:

$$v = \left[\frac{\left(\frac{H}{Q} \right) - 0,2}{0,4} \right]^2, \quad (4)$$

где Q - разность между средней температурой кататермометра (36,5°C) и температурой окружающего воздуха; 0,2 и 0,4 - эмпирические коэффициенты.

Шаровой кататермометр более совершенный прибор, так как имеет температурную шкалу от 33 до 40°C.

Если определять время охлаждения кататермометра от 40 до 33°C, расчет охлаждающей способности воздуха проводится по уравнению

$$H' = \frac{\Phi \Delta Q}{T},$$

где $\Phi = F/3$ - константа прибора; $\Delta Q = (Q_1 - Q_2)$ - разность между верхним и нижним показаниями температуры кататермометра.

Скорость движения воздуха в производственном помещении можно определять по уравнению (4), если охлаждающая способность воздуха H вычислена по зависимости (3), или из выражения

$$\frac{H'}{Q} = \frac{(0,145 + 1,19v)}{(0,5 + v)}, \text{ а также по вычисленному значению } \frac{H'}{Q} \text{ из}$$

табл. П2.

Найденное по уравнению (2) значение скорости движения воздуха производственной среды сравнивают с нормативными значениями, приведенными в СанПиН 2.2.4.548-96.

5. ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда и строительными правилами и нормами СанПиН 2.2.4.548-96. Они едины для всех производств и всех климатических зон.

В нормативных документах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость воздуха в зависимости от способности организма человека к акклиматизации в разное время года, вида одежды, категории производимой работы с учетом энерготрат и характера тепловыделений в рабочем помещении.

Для оценки характера одежды (теплоизоляции) и акклиматизации организма в разное время года введено понятие *периода года*. Различают теплый и холодный периоды года. *Теплый период года* характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха $+10^{\circ}\text{C}$ и выше, *холодный* – ниже $+10^{\circ}\text{C}$.

При учете интенсивности труда все виды работ, исходя из общих энерготрат организма, делятся на 3 категории: *легкие* (Ia, Iб), *средней тяжести* (IIa, IIб) и *тяжелые* (III). Характеристику производственных помещений по категории выполняемых в них работ устанавливают по категории работ, выполняемых 50% и более работающих в соответствующем помещении.

К легким работам относятся работы, выполняемые сидя и стоя, не требующие систематического физического напряжения (работа контролеров, в процессах точного приборостроения, офисные работы и др.). Легкие работы по энерготратам подразделяют на 2 категории: Ia (с затратами энергии до 139 Вт) и Iб (с затратами энергии от 140 до 174 Вт).

К работам **средней тяжести** относят работы с тратой энергии 175...232 Вт (категория IIa) и 233...290 Вт (категория IIб). В категорию IIa входят работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей, в категорию IIб - работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей (в механосборочных цехах, текстильном производстве, при обработке древесины и др.).

К **тяжелым работам** (категория III) с тратой энергии более 290 Вт относят работы, связанные с систематическим физическим напряжением, в частности с постоянным передвижением, с переноской значительных (более 10 кг) тяжестей (в механосборочных цехах, текстильном производстве, при обработке древесины и др.).

По интенсивности тепловыделений производственные помещения делят на группы в зависимости от удельных избытков явной теплоты. **Явной** называют теплоту, воздействующую на изменение температуры воздуха помещения, а *избытком явной теплоты* - разность между суммарными поступлениями явной теплоты и суммарными теплопотерями помещений. Явная теплота, которая образовалась в пределах помещения, но была удалена из него без передачи теплоты воздуху помещения (например, с газами от дымоходов или с воздухом местных отсосов от оборудования), при расчете избытков теплоты не учитывается. **Незначительные избытки явной теплоты** - это избытки теплоты, не превышающие или равные 23 Вт на 1 м³ внутреннего объема помещения. Помещения со значительными избытками явной теплоты характеризуются избытками теплоты более 23 Вт/м³.ч (20 ккал/м³ · ч)

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должны превышать 35 Вт/м² при облучении 50% поверхности человека и более, 70 Вт/м² - при облучении 25...50% поверхности и 100 Вт/м² - при облучении не более 25% поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников (нагретого металла, расплава стекла, открытого пламени и др.) не должна превышать $140 \text{ Вт}/\text{м}^2$, при этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательно использование средств индивидуальной защиты.

При наличии теплового облучения работающих температура воздуха на рабочих местах не должна превышать в зависимости от категории работ следующие величины: 25°C - Ia; 24°C - Iб; 22°C - IIa; 21°C - IIб; 20°C - III.

Благоприятный микроклимат на производстве является важным условием высокопроизводительного труда и профилактики профессиональных заболеваний.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и являются предпочтительными на рабочих местах. Такие условия характеризуют условия труда 1-го класса.

Перепады температуры воздуха по высоте и горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены на рабочих местах при обеспечении оптимальных величин микроклимата не должны превышать 2°C и выходить за пределы величин, указанных в табл. П3 для отдельных категорий работ.

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и снижению работоспособности и сказаться на качестве труда. Эти условия соответствуют условиям труда 2-го класса.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3°C. Перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать при категориях работ: Ia и Iб - 4°C, IIa и IIб - 5°C, III - 6°C.

При этом абсолютные значения температуры воздуха на рабочих местах не должны выходить за пределы величин, указанных в табл. П1 для отдельных категорий работ.

При температуре воздуха на рабочих местах 25°C и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы при температуре воздуха, °C: 25 - 70%, 26 - 65%, 27 - 60%, 28 - 55%.

При температуре воздуха от 26 до 28°C скорость движения воздуха для теплого периода года должна соответствовать диапазону: 0,1...0,2 м/с при категории работ Ia; 0,1...0,3 м/с при категории работ Iб; 0,2...0,4 м/с при категории работ IIa; 0,2...0,5 м/с при категории работ IIб и III.

В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины показателей микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, условия микроклимата следует рассматривать как вредные и опасные. В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия (например системы местного кондиционирования воздуха, воздушное душевание, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, помещения для отдыха и обогревания, регламентация времени работы, в частности перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и другие).

6. ТЕПЛОВАЯ НАГРУЗКА СРЕДЫ

Для оценки сочетанного воздействия параметров микроклимата в целях осуществления мероприятий по защите работающих от

возможного перегревания рекомендуется использовать интегральный показатель тепловой нагрузки среды (ТНС - индекса).

6.1. Определение индекса тепловой нагрузки среды

Индекс тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс) является эмпирическим показателем, характеризующим сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата: температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения.

ТНС-индекс определяется на основе величин температуры смоченного термометра аспирационного психрометра ($t_{вл}$) и температуры внутри зачерненного полого шара ($t_{ш}$).

Температура внутри зачерненного полого шара измеряется термометром, резервуар которого помещен в центр такого шара. Эти показания отражают влияние температуры поверхностей, имеющихся в помещении, и скорости движения воздуха в объеме этого же помещения.

Зачерненный полый шар должен иметь диаметр 90 мм, минимально возможную толщину и коэффициент поглощения тепла 0,95. Точность измерения температуры внутри шара не менее $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

ТНС-индекс рассчитывается по уравнению $\text{ТНС} = 0,7t_{вл} + 0,3t_{ш}$.

ТНС-индекс рекомендуется использовать для интегральной оценки тепловой нагрузки производственной среды на рабочих местах, на которых скорость движения воздуха не превышает 0,6 м/с, а интенсивность теплового облучения составляет менее $1200 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Значения ТНС-индекса не должны выходить за пределы величин, рекомендуемых в табл. 1.

Таблица 1

Рекомендуемые величины ТНС-индекса для профилактики перегревания организма

Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Величины ТНС - индекса, $^{\circ}\text{C}$
Ia (до 139)	22,2...26,4
Iб (140...174)	21,5...25,8
IIa (175...232)	20,5...25,1
IIб (233...290)	19,5...23,9
III (более 290)	18,0...21,8

7. ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕМПЕРАТУРА И ИНТЕНСИВНОСТЬ ТРУДА

Так как тепловое ощущение человека определяется комплексным действием температуры, влажности, скорости движения воздуха и температуры нагретых поверхностей, окружающих рабочее место, то необходима интегральная величина, которая бы определяла тепловое ощущение человека и в то же время являлась функцией величин, характеризующих состояние производственной среды. Для определения такой величины предложен метод эффективных температур, который учитывает способность организма к терморегуляции.

7.1. Определение эффективной и эквивалентно-эффективной температуры

Под *эффективной температурой* понимают температуру насыщенного неподвижного воздуха, обладающего такой же охлаждающей способностью, как и воздух с заданными значениями температуры и влажности.

Под *эквивалентно-эффективной температурой* понимают температуру насыщенного подвижного воздуха, обладающего такой же охлаждающей способностью, как и воздух с заданными значениями температуры, влажности и скорости движения.

Если при выбранной или заданной категории работ и значении эффективной температуры воздуха тепловое ощущение человека находится на уровне комфорtnого, то при более высоком значении эффективной температуры оно характеризуется, как ощущение перегрева, а при более низком параметре эффективной температуры возникает ощущение излишнего охлаждения. Чем больше отклонение эффективной температуры от комфорtnого значения, тем выше степень дискомфорта организма человека. Например, человек, вошедший в сени избы крестьянина, ощутит тепло, а вышедший в сени из избы - прохладу, хотя метеорологические параметры в сенях остаются одинаковыми.

Значения эффективной температуры и эквивалентно-эффективной температуры определяются по nomogramme в зависимости от величины показаний "влажного" и "сухого" термометров (рис.3).

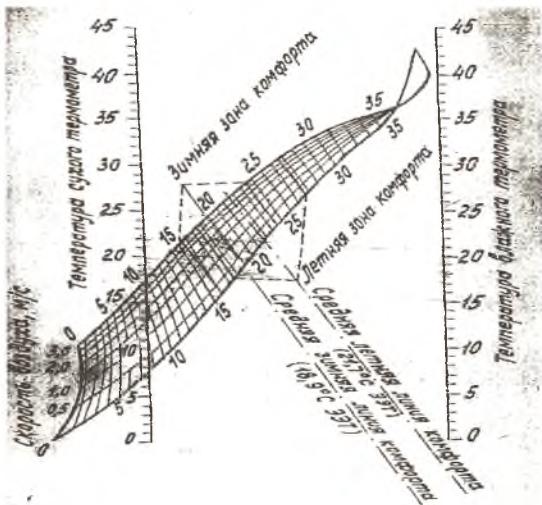


Рис. 3. Номограмма определения зимней и летней зоны комфорта

Номограмма позволяет определить зону комфортности по производственному комплексному ощущению метеорологических параметров среды в холодный и теплый периоды года. Средняя линия комфорта дает возможность для значений температуры в холодный период ($18,9^{\circ}\text{C}$) и теплый период года ($21,7^{\circ}\text{C}$) найти требуемые значения скорости перемещения воздуха через рабочее место.

7.2. Определение комфортной температуры

При определенных условиях, помимо найденного значения эффективной температуры на рабочем месте, необходимо вычислить комфортную температуру непосредственно для человека в зависимости не только от категории работ, но и индивидуальных его характеристик (роста, массы человека) и вида одежды.

Комфортную температуру, $^{\circ}\text{C}$ для человека можно рассчитать по уравнению

$$t_{\text{комф}} = t_{\text{к.п}} - \left[\frac{(M - Q_{\text{испл}})}{F_{\text{од}}} \right] \times \left[R_{\text{од}} + \frac{1}{\alpha_k + \alpha_{\text{рад}}} \right],$$

где $t_{к.п}$ - температура кожного покрова человека в состоянии комфорта ($t_{к.п} = 32^{\circ}\text{C}$); $Q'_{исп}$ - тепло, выделяемое человеком за счет испарения для определенной категории работ, ккал/ч; M - энерготраты человека в соответствии с выбранной категорией работы, ккал/ч; $F_{од}$ - поверхность одежды, примерно равная поверхности тела человека, определяется по зависимости $F_{од} = 0,203G^{0.425} \times L^{0.725}$, где G - масса человека, кг; L - рост человека, м; α_k и $\alpha_{рад}$ - коэффициенты средней теплопередачи тела человека, находящегося в помещении, соответственно конвекцией и радиацией (лучеиспусканием), ккал/ч $\cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2$.

Значения этих коэффициентов определяются, если скорость перемещения воздушного потока через рабочее место удовлетворяет условию $0,1 < v < 2,6$ м/с, по следующему выражению:

$$\alpha_k \approx \alpha_{рад} = 10,5\sqrt{v} ;$$

$R_{од}'$ - сопротивление теплопередаче от поверхности кожи человека к наружной поверхности одежды, равное $R_{од}' = 0,18R_{од}$, $\text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2/\text{ккал}$.

Значения $R_{од}$ берутся из табл. 2 в зависимости от теплоизолирующих свойств соответствующей одежды.

Таблица 2

Сопротивление одежды в зависимости от ее теплоизолирующих свойств

№ п/п	Вид одежды	$R_{од}$, $\text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2/\text{ккал}$
1	Без одежды	0
2	Шорты	0,1
3	Шорты, рубашка с короткими рукавами и открытым воротом	0,3-0,4
4	Летние брюки, рубашка с короткими рукавами и открытым воротом	0,5
5	Легкое нижнее белье, шерстяные носки, хлопчатобумажная рубашка с открытым воротом и рабочие брюки	0,6

7.2.1. Определение времени работы при температуре воздуха на рабочем месте выше или ниже допустимых значений

В целях защиты работающих от перегревания или охлаждения при температуре воздуха на рабочем месте выше или ниже допустимых величин время пребывания на таких местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену) ограничено величинами, указанными в СанПиН 2.2.4.548-96.

При этом среднесменная температура воздуха, при которой рабочие находятся в течение рабочей смены на рабочем месте и местах отдыха, не должна выходить за пределы допустимых величин температуры воздуха для соответствующих категорий работ.

Среднесменная температура ($^{\circ}\text{C}$) воздуха вычисляется по зависимости

$$T_B = \frac{(t_B^1 \tau_1 + t_B^2 \tau_2 + \dots + t_B^n \tau_n)}{8} ,$$

где $t_B^1, t_B^2, \dots, t_B^n$ - температура воздуха на соответствующих рабочих местах, $^{\circ}\text{C}$; $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ - время выполнения работы на этих же рабочих местах, ч.

Указания к выполнению экспериментальной части работы

Приборы для исследования физических свойств воздуха

- 1) термометр; 2) барометр - анероид; 3) баротермогигрометр; 4) психрометр (Августа); 5) анемометр чашечный; 6) вентилятор.

Техника безопасности при проведении лабораторных работ

1. Осмотреть визуально электрошнур и розетку на наличие оголенных частей и различных дефектов. В случае их обнаружения сообщить об этом преподавателю.
2. **Запрещается:** оставлять включенным вентилятор после завершения работы; перемещать работающую установку.

Порядок выполнения работы

1. В отчете подготовить форму протокола и вписать туда температуру и барометрическое давление.

2. Определить скорость движения воздуха в рабочей зоне чашечным анемометром при включенном вентиляторе. Для этого нужно: а) включить вентилятор, направив поток воздуха на анемометр; б) через минуту, когда чашки анемометра будут вращаться с постоянной скоростью, выбрать любое деление циферблата, по которому перемещается большая стрелка анемометра, включить секундомер; в) подсчитать число делений, на которое переместилась стрелка анемометра за минуту, и разделить на 60, получив число делений за секунду; г) по графику (рис. 4) определяется скорость движения воздуха в рабочей зоне, м/с.

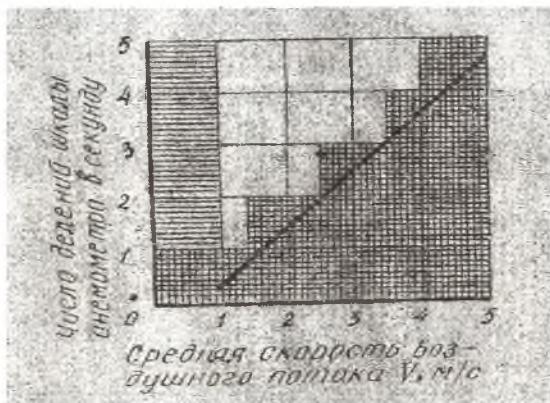


Рис. 4. График скорости движения воздуха в зависимости от скорости вращения чашек анемометра

3. Найти по табл. 3 упругость водяных паров по значению температуры "влажного" термометра t_2 психрометра Августа.

4. Психрометрический коэффициент α определить из графика (рис. 5) или по табл. 4 путем интерполирования.

5. Вычислить значение абсолютной влажности по зависимости (1) без учета обдува психрометра воздухом от вентилятора.

Таблица 3

Максимальное напряжение водяных паров
при разных температурах, мм рт. ст.

Градусы	Десятые доли градусов									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-5	3,16	3,13	3,11	3,09	3,06	3,04	3,02	2,99	2,97	2,95
-4	3,40	3,38	3,35	3,33	3,30	3,28	3,25	3,23	3,21	3,18
-3	3,67	3,64	3,62	3,59	3,56	3,53	3,51	3,48	3,46	3,43
-2	3,95	3,92	3,89	3,86	3,84	3,81	3,78	3,75	3,72	3,70
-1	4,26	4,22	4,19	4,16	4,13	4,10	4,07	4,04	4,01	3,98
0	4,58	4,61	4,65	4,68	4,72	4,75	4,78	4,82	4,86	4,89
1	4,93	4,96	5,00	5,03	5,07	5,11	5,14	5,18	5,22	5,26
2	5,29	5,23	5,37	5,41	5,45	5,49	5,52	5,56	5,60	5,64
3	5,68	5,72	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97	6,02	6,06
4	6,10	6,14	6,19	6,23	6,27	6,32	6,36	6,41	6,45	6,50
5	6,54	6,59	6,64	6,68	6,73	6,78	6,82	6,87	6,92	6,96
6	7,01	7,06	7,11	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,41	7,46
7	7,51	7,56	7,62	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,94	7,99
8	8,04	8,10	8,16	8,21	8,27	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
9	8,62	8,67	8,73	8,79	8,84	8,90	8,96	9,02	9,09	9,15
10	9,21	9,27	9,33	9,40	9,46	9,52	9,58	9,65	9,71	9,78
11	9,84	9,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,08	11,16
13	11,23	11,30	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
15	12,79	12,87	12,95	13,04	13,12	13,20	13,29	13,38	13,46	13,55
16	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,23	14,35	14,44
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,67	16,79	16,89	17,00	17,10	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,08	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,76	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,56	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,84	21,98	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,78	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43	26,58
27	26,74	26,90	27,06	27,21	27,37	27,54	27,7	27,86	28,02	28,18
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,52	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,74	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,50
31	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	35,46
32	35,66	35,86	36,07	36,27	36,48	36,68	36,89	37,10	37,31	37,52
33	37,73	37,94	38,16	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46	39,68
34	39,90	40,12	40,34	40,57	40,80	41,02	41,25	41,48	41,71	41,94

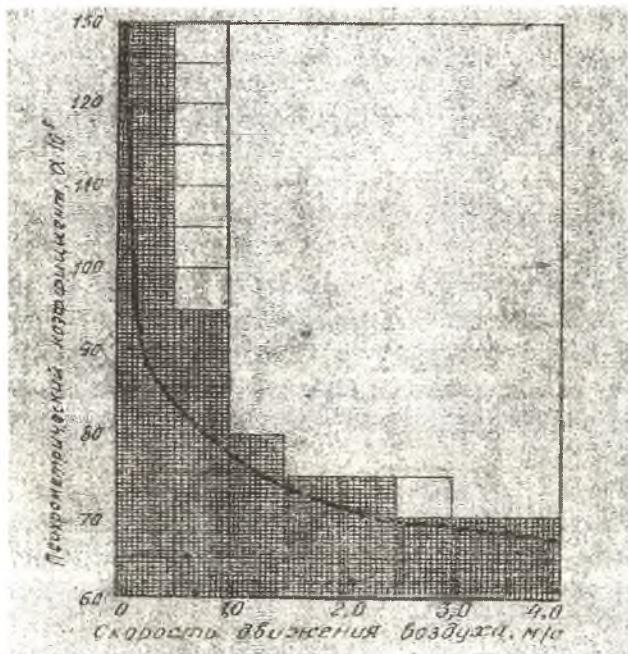


Рис. 5. Психрометрический коэффициент при изменении скорости движения воздуха

Таблица 4
Психрометрический коэффициент при изменении скорости движения воздуха

Скорость движения воздуха, м/с	α
0,13	0,0013
0,13	0,0012
0,2	0,0011
0,3	0,001
0,4	0,0009
0,8	0,0008
2,3	0,0007
3,0	0,00069
4,0	0,00067

6. Определить по табл. 3 упругость водяных паров по значению температуры "сухого" термометра t_1 психрометра Августа.
7. Вычислить относительную влажность по уравнению (2).
8. Найти по табл. П1 значение относительной влажности.
9. Определить дефицит насыщения по зависимости: $D = F \cdot t - A$, где $t = 37^\circ\text{C}$ - температура тела человека.
10. Найти точку росы из табл. 3 по значению относительной влажности A .
11. Определить по номограмме (рис. 3) эффективную и эффективно-эквивалентную температуру.
12. Рассчитать комфортную температуру (раздел 7.2).
13. По найденной комфортной температуре по номограмме (рис. 3) определить соответствие зимней или летней зоны комфорта.
14. Результаты расчетов занести в протокол.
15. Проанализировать метеорологические условия в рабочей зоне лабораторий для условий, определенных преподавателем, сравнивая найденные значения параметров воздушной среды СанПиН 2.2.4.548-96 (табл. П3, П4).
16. При отклонении температуры от нормативных значений определить время работы (п. 7.2.1).
17. Сделать выводы по работе, которые должны содержать основные результаты, вытекающие из анализа метеорологических условий на рабочем месте, и мероприятия, способствующие устранению выявленных отклонений параметров метеорологических условий производственной среды от санитарных СанПиН 2.2.4.548-96.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами характеризуются метеорологические условия на рабочем месте, их гигиеническое значение?
2. Что такое относительная, абсолютная и максимальная влажность воздуха?
3. Что такое дефицит насыщения? Что он характеризует?
4. Какое воздействие оказывает изменение барометрического давления и температуры окружающей среды на организм работающего?

5. Что такое терморегуляция организма человека?
6. Какие виды терморегуляции организма человека вы знаете?
7. Каковы условия возникновения дискомфортного состояния человека при изменении параметров метеорологических условий на его организм?
8. Что называется рабочей зоной помещения?
9. Что такое точка росы?
10. От чего зависит выбор параметров метеорологических условий в производственных помещениях?
11. Какая температура называется эффективной и эквивалентно-эффективной? Что они характеризуют?
12. Какими приборами измеряется относительная влажность?

ПРОТОКОЛ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Параметры	Единицы измерений	Данные замера или расчета	По нормам СанПиН 2.2.4.548-96	
			оптим.	допуст.
Температура по термометрам: сухому t_1 влажному t_2	°C			
Время замера	мин			
Показания счетчика анемометра	делений			
Охлаждающая способность Н	млкал/с			
Скорость движения воздуха v	м/с			
Психрометрический коэффициент α				
Упругость водяных паров при t_1 и t_2	мм рт. ст.			
Барометрическое давление В	мм рт. ст.			
Абсолютная влажность А				
Максимальная влажность F				
Дефицит насыщения D				
Точка росы	°C			
Относительная влажность по: баротермогигрометру психрометру Августа R	%			

Приложение

Таблица П1

Относительная влажность воздуха по показаниям стационарного психрометра (Августа) при скорости движения воздуха до 0,2 м/с

Показания измерения (в градусах) Температура °C	Показания спирометрии, %																		
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55									
12	5,3	5,7	6,0	6,4	6,8	7,2	7,6	8,0	8,4	8,7	9,1	9,5	9,9	10,3	10,7	11,0	11,3	11,7	12,0
13	5,9	6,4	6,8	7,2	7,6	8,0	8,4	8,8	9,2	9,6	10,0	10,4	10,8	11,1	11,5	11,8	12,2	12,6	13,0
14	6,6	7,1	7,5	8,0	8,4	8,8	9,2	9,7	10,1	10,5	10,9	11,3	11,7	12,1	12,5	12,8	13,2	13,6	14,0
15	7,3	7,8	8,2	8,7	9,2	9,6	10,0	10,5	10,9	11,4	11,8	12,2	12,6	13,0	13,4	13,8	14,2	14,6	15,0
16	8,0	8,5	9,0	9,4	9,9	10,3	10,8	11,3	11,8	12,2	12,6	13,1	13,5	14,0	14,4	14,8	15,2	15,6	16,0
17	8,6	9,1	9,7	10,2	10,7	11,2	11,6	12,1	12,6	13,0	13,5	13,9	14,4	14,9	15,3	15,8	16,2	16,6	17,0
18	9,3	9,9	10,4	10,9	11,4	11,9	12,4	12,9	13,4	13,9	14,4	14,8	15,3	15,7	16,2	16,6	17,1	17,5	18,0
19	10,0	10,6	11,1	11,7	12,2	12,7	13,2	13,8	14,3	14,8	15,3	15,7	16,2	16,7	17,2	17,6	18,1	18,5	19,0
20	10,6	11,2	11,8	12,4	12,9	13,4	14,0	14,5	15,1	15,6	16,1	16,6	17,1	17,6	18,1	18,5	19,0	19,5	20,0
21	11,2	11,9	12,6	13,1	13,6	14,2	14,8	15,3	15,9	16,5	17,1	17,5	18,0	18,6	19,1	19,5	20,0	20,5	21,0
22	11,8	12,6	13,2	13,8	14,4	15,0	15,6	16,1	16,7	17,3	17,9	18,4	18,9	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0
23	12,5	13,1	13,8	14,4	15,1	15,7	16,4	17,0	17,6	18,2	18,8	19,3	19,8	20,4	20,9	21,5	22,0	22,5	23,0
24	13,1	13,8	14,5	15,2	15,9	16,5	17,1	17,8	18,4	19,0	19,6	20,1	20,7	21,3	21,9	22,4	23,0	23,5	24,0
25	13,7	14,2	15,2	15,9	16,6	17,2	17,9	18,5	19,2	19,8	20,5	21,2	21,7	22,2	22,8	23,3	23,9	24,4	25,0

Таблица П2

Скорость движения воздуха меньше 1 м/с с учетом
поправок на температуру

H/Q	Температура воздуха, °C							
	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	26,0
0,27	-	-	-	-	0,041	0,047	0,051	0,059
0,28	-	-	-	0,049	0,051	0,061	0,070	0,070
0,29	0,041	0,050	0,051	0,060	0,067	0,076	0,085	0,089
0,30	0,051	0,060	0,065	0,073	0,082	0,091	0,101	0,104
0,31	0,061	0,07	0,079	0,088	0,098	0,107	0,116	0,119
0,32	0,076	0,085	0,094	0,104	0,113	0,124	0,136	0,140
0,33	0,091	0,101	0,110	0,119	0,128	0,140	0,153	0,159
0,34	0,107	0,115	0,129	0,139	0,148	0,160	0,174	0,179
0,35	0,127	0,136	0,145	0,154	0,167	0,180	0,196	0,203
0,36	0,142	0,151	0,165	0,179	0,192	0,206	0,220	0,225
0,37	0,136	0,172	0,185	0,198	0,212	0,226	0,240	0,245
0,38	0,183	0,197	0,210	0,222	0,239	0,249	0,266	0,273
0,39	0,208	0,222	0,232	0,244	0,257	0,274	0,293	0,301
0,40	0,229	0,242	0,256	0,269	0,287	0,305	0,323	0,330
0,41	0,254	0,267	0,282	0,299	0,314	0,330	0,349	0,364
0,42	0,280	0,293	0,311	0,325	0,343	0,361	0,379	0,386
0,43	0,320	0,324	0,342	0,356	0,373	0,392	0,410	0,417
0,44	0,340	0,354	0,368	0,385	0,401	0,417	0,445	0,449
0,45	0,366	0,351	0,398	0,412	0,429	0,449	0,471	0,473
0,46	0,396	0,415	0,429	0,446	0,465	0,483	0,501	0,508
0,47	0,427	0,445	0,464	0,482	0,500	0,518	0,537	0,544
0,48	0,468	0,481	0,499	0,513	0,531	0,551	0,572	0,579
0,49	0,503	0,516	0,535	0,566	0,571	0,590	0,608	0,615
0,50	0,539	0,557	0,571	0,589	0,604	0,622	0,640	0,651
0,51	0,574	0,593	0,607	0,628	0,648	0,666	0,684	0,691
0,52	0,615	0,633	0,644	0,665	0,683	0,701	0,720	0,727
0,53	0,656	0,674	0,688	0,705	0,724	0,742	0,760	0,768
0,54	0,696	0,715	0,729	0,746	0,764	0,783	0,801	0,808
0,55	0,737	0,755	0,770	0,790	0,807	0,827	0,844	0,851
0,56	0,788	0,801	0,815	0,833	0,851	0,867	0,884	0,894
0,57	0,832	0,834	0,867	0,882	0,898	0,915	0,933	0,940
0,58	0,879	0,898	0,912	0,929	0,941	0,959	0,972	0,977
0,59	0,930	0,943	0,951	0,971	0,985	1,001	1,018	1,023
0,60	0,981	0,994	1,008	1,022	1,033	1,041	1,056	1,060

Таблица П.3

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °C	Температура поверхности, °C	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более
Холодный	Ia (до 139)	22...24	21...25	60...40	0,1
	II6 (140...174)	21...23	20...24	60...40	0,1
	IIIa (175...232)	19...21	18...22	60...40	0,2
	II6 (233...290)	17...19	16...20	60...40	0,2
	III (более 290)	16...18	15...19	60...40	0,3
	Ia (до 139)	23...25	22...26	60...40	0,1
Теплый	II6 (140...174)	22...24	21...25	60...40	0,1
	IIIa (175...232)	20...22	19...23	60...40	0,2
	II6 (233...290)	19...21	18...22	60...40	0,2
	III (более 290)	18...20	17...21	60...40	0,3

Таблица П4

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °C в диапазоне величин:		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
		ниже оптимальных	выше оптимальных		
Холодный	Ia (до 139)	20,0...21,9	24,1...25,0	19,0...26,0	15...75
	IIб (140...174)	19,0...20,9	23,1...24,0	18,0...25,0	15...75
	IIIa (175...232)	17,0...18,9	21,1...23,0	16,0...24,0	15...75
	IIIб (233...290)	15,0...16,9	19,1...22,0	14,0...23,0	15...75
Теплый	III (более 290)	13,0...15,9	18,1...21,0	12,0...22,0	15...75
	Ia (до 139)	21,0...22,9	25,1...28,0	20,0...29,0	15...75
	IIб (140...174)	20,0...21,9	24,1...28,0	19,0...29,0	15...75
	IIIa (175...232)	18,0...19,9	22,1...27,0	17,0...28,0	15...75
	IIIб (233...290)	16,0...18,9	21,1...27,0	15,0...28,0	15...75
	III (более 290)	15,0...17,9	20,1...26,0	14,0...27,0	15...75

Учебное издание

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ
И БЕЗОПАСНОСТЬ**

Методические указания

Составители: **Несоленов Геннадий Федорович,
Козий Софья Сергеевна,
Козий Татьяна Борисовна**

Редактор Т. К. Кретинина
Компьютерная верстка О. А. Ананьев

Подписано в печать 17.05.2005 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл.печл. 2,0. Усл.кр.- отт. 2,1. Уч. – изд.л. 2,25.
Тираж 100 экз. Заказ №6. Арт.С-40/2005.

Самарский государственный аэрокосмический
университет. 443086 Самара, Московское шоссе, 34.

РИО Самарского государственного аэрокосмического
университета. 443086 Самара, Московское шоссе, 34.