

## МИКРОКЛИМАТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Под микроклиматом производственных помещений (производственным микроклиматом) мы понимаем состояние внешней среды производственных помещений, определяющееся температурой, влажностью, движением воздуха и температурой поверхностей предметов, оборудования и их тепловым излучением. Он характеризуется большим разнообразием указанных величин и их сочетаний.

Микроклимат производственных помещений зависит от метеорологических условий внешней атмосферы, времени дня и года, производственных процессов, условий воздухообмена и т. д. Это обстоятельство определяет чрезвычайную динамичность микроклиматических условий, однако общая характеристика их во многом зависит от характера производств, технологических процессов, происходящих в них, и может на определенный, иногда длительный, период времени оставаться более или менее постоянной. На этом основании классифицируют существующие на производстве микроклиматические условия.

Одна группа помещений характеризуется значительными тепловыделениями, связанными с характером технологических процессов, которые превышают величину теплопотерь ( $20 \text{ ккал/ч} \cdot \text{м}^3$ ) независимо от путей их поступления в помещение (конвекционного или радиационного). Эта группа помещений называется горячими цехами.

Тепло в них поступает от нагретых предметов и поверхностей, раскаленных и расплавленных масс. Основным климатообразующим фактором является инфракрасное излучение от предметов, нагретых до  $500\text{—}1300^\circ \text{C}$  и больше.

Наиболее изучены физические свойства инфракрасного излучения в диапазоне до  $3 \text{ м}$ . Начиная со  $100 \text{ нм}$  лежит «далекая» область инфракрасного излучения, имеющая очень малую интенсивность в земных условиях. Гигиеническое значение имеет диапазон инфракрасных лучей до  $20\text{—}30 \text{ нм}$  (Н. Ф. Галанин, 1952).

Чем выше температура тела, тем больше тепла отдает оно окружающей среде путем излучения.

В мартеновском цехе металлургического завода 62—67% тепла поступает во внешнюю среду за счет инфракрасного излучения, 33—38% — конвекционного переноса тепла. Инфракрасные лучи как первичные источники теплонакопления в помещении частично поглощаются предметами и оборудованием, нагревают их и превращают во вторичные источники тепловыделения. Микроклимат горячих цехов может создаваться и преимущественно конвекционным теплонакоплением, при переходе механической, электрической энергии в тепло, выделением тепла находящимися в помещении людьми, условиями внешней атмосферы и т. д.

Микроклимат горячих цехов, где основным климатообразующим фактором является радиационный<sup>1</sup>, некоторые авторы (А. А. Летавет, 1956; И. М. Эрман, 1957, 1961) называют радиационным, другие горячие цехи характеризуются как помещения с конвекционным микроклиматом.

Вторую группу рабочих помещений, в которых из технологических соображений поддерживаются низкие температуры воздуха, по аналогии с горячими цехами можно назвать холодными. В третьей группе производственных помещений микроклимат зависит летом от климатических условий внешней атмосферы, зимой от состояния отопления, создающего искусственно заданный микроклимат.

Сюда же нужно отнести производственные помещения с кондиционированным микроклиматом.

Существуют производственные помещения, микроклимат которых отличается значительными колебаниями по горизонтали и вертикали в различное время дня и часов работы, с резко выраженными перепадами микроклиматических условий, в первую очередь температуры воздуха и инфракрасного излучения (Г. Х. Шахбазян, Ф. М. Шлейфман, 1961). Такие перепады особенно выражены в зимний период времени. В зависимости от характера работы, места пребывания во время работы и в перерывах рабочие попадают в условия или высоких температур и интенсивного излучения, или, наоборот, низких температур. Таковы, по существу, большинство горячих цехов в зимний и переходной периоды года.

На основании вышеизложенного мы предлагаем следующую классификацию микроклимата производственных помещений.

1. Микроклимат горячих цехов:

а) с преобладанием радиационного тепла;

---

<sup>1</sup> Термины инфракрасная радиация, инфракрасное излучение, лучистое тепло, тепловое излучение применяются как синонимы.

б) с преобладанием конвекционного тепла.

2. Микроклимат холодных цехов:

а) холодный микроклимат, поддерживаемый искусственно;

б) микроклимат неотапливаемых помещений. К ним условно относятся микроклимат открытой атмосферы в холодные периоды года.

3. Микроклимат с резко выраженными колебаниями (перепадами) основных его элементов на местах пребывания рабочих.

4. Микроклимат, создаваемый системой отопления, вентиляции и кондиционирования.

**Микроклимат горячих цехов.** Технологический процесс во многих производствах основан на термической обработке металла и других твердых, жидких и газообразных тел или применении тепла для других целей, что служит причиной поступления в производственные помещения подчас значительного количества тепла.

*Микроклимат основных цехов заводов черной металлургии.* Микроклимат горячих цехов металлургических заводов издавна служил предметом изучения многих исследователей (М. К. Карман, 1926; А. Б. Леках, 1928, 1939, 1950; А. А. Летавет, 1936; И. М. Эрман, 1961; Н. П. Кокорев, 1957; Б. Б. Койранский, 1935, 1965; А. Е. Малышева, 1964, и др.).

Температура воздуха в названных цехах в зависимости от времени года, количества поступающего в помещения тепла и состояния санитарно-технических средств борьбы с излишним тепловыделением колеблется в широких пределах, достигая летом  $30\text{--}40^\circ\text{C}$ , а на отдельных рабочих местах (крановщики) и значительно больших величин. По данным И. М. Халецкого (1972), в воздух цехов металлургических заводов поступает до  $30\text{--}40\%$  тепла, используемого в технологических целях. На заводах, расположенных в южных районах Советского Союза, температура воздуха в горячем цехе может достигать  $50^\circ\text{C}$  и выше.

Микроклимат горячих цехов металлургического завода, в частности доменного цеха, является неблагоприятным. В летний период на рабочих местах температура воздуха колеблется от  $32,9$  до  $26,7^\circ\text{C}$ , при этом отмечается также интенсивная инфракрасная радиация. В холодный период года наблюдается высокая скорость движения воздуха и значительный температурный перепад (до  $16,4^\circ\text{C}$ ).

По данным Н. Г. Карнауха и др. (1970), температура воздуха на многих рабочих местах в спекательном отделении аглофабрики в летний период колеблется в пределах  $32\text{--}48^\circ\text{C}$ , ин-

тенсивность лучистого тепла — 4,5—5,0 кал/см<sup>2</sup>·мин при относительной влажности 90—95%. На рабочих местах горновой площадки доменного цеха температура воздуха в летний период достигает 33—37° С, при интенсивности инфракрасного излучения 0,3—15,0 кал/см<sup>2</sup>·мин. Рабочие мартеновского цеха подвергаются воздействию высокой температуры 30—40° С и лучистого тепла до 18 кал/см<sup>2</sup>·мин. На рабочем месте конверторщика, разлищика, миксеровой температура воздуха в летнее время колеблется в пределах 28—42° С. Особенно неблагоприятны микроклиматические условия при ремонте печей. В прокатном цехе, где широко применяется комплексная автоматизация, на рабочих местах сварщиков, в кабине клещевых и пратцент-кранов температура воздуха в летнее время колеблется в пределах 30—50° С при интенсивности лучистого тепла 1—10 кал/см<sup>2</sup>·мин. Таким образом, в летнее время температура воздуха в цехе превышает наружную температуру воздуха на 8—12° С. При этом, как правило, воздух в горячих цехах отличается значительной подвижностью, до 2—3 м/с. Даже там, где имеются постоянные источники влаговыделения (места орошения валков водой), относительная влажность составляет 35—40%. Только в момент заливки шлака или при орошении агломерата водой относительная влажность может достигать 90—100%.

Л. Е. Чуб (1975) указывает, что на литейном дворе доменного цеха при выпуске чугуна и шлака температура воздуха достигает 34—37° С; инфракрасное излучение — 10—15 кал/см<sup>2</sup>·мин, температура поверхностей — 80—100° С.

Н. Г. Карнаух, М. Е. Павленко и др. (1975), проводившие исследования в доменном, мартеновском, конверторном и прокатных цехах, показали, что температура воздуха на рабочих местах превышает допустимые уровни, особенно в летний период, и достигает 32—40° С; интенсивность лучистого тепла — 1—18 кал/см<sup>2</sup>·мин. По данным З. У. Бимагамбетовой и Ш. К. Кабаева (1975), температура воздуха в прокатных цехах колебалась от 26,8 до 40,3° С, в кабинах пультов управления — от 23,4 до 33,0° С. На участке нагревательных колодцев температура воздуха летом достигает 45° С, интенсивность теплового излучения 14 кал/см<sup>2</sup>·мин.

Обследование металлургического завода в Коммунарске (Г. Х. Шахбазян, 1969) показало, что температура воздуха у источников тепловыделений в мартеновском и прокатном цехах при температуре наружного воздуха 0—1° С равна 35—36° С. В трубопрокатных цехах в летний период времени температура воздуха достигает 34—45° С при интенсивности инфракрасного

излучения 0,5—5,0 кал/см<sup>2</sup>·мин (Л. Ю. Збарская, Э. И. Рипак, 1969).

В специальных помещениях — шлаковых тоннелях нагревательных колодцев, кабинах клещевых кранов, площадках между нагревательными печами и др. в связи с наличием огромных нагретых поверхностей и небольшим воздухообменом создаются неблагоприятные условия. Так, по данным Н. П. Кокорева, И. М. Эрмана (1969), температура воздуха в этих помещениях — в пределах 40—80°С, температура поверхностей — 50—150°С, интенсивность инфракрасного излучения — 2,0—10,0 кал/см<sup>2</sup>·мин.

При ремонте мартеновских печей температура достигает 120—180°С, чистка кауперов производится при температуре 120—180°С (Н. П. Кокорев, 1957).

Микроклимат в кабинах кранов обычно отличается от такового в цехе. По нашим данным, температура воздуха 60—65°С, низкая относительная влажность, небольшая подвижность воздуха при наличии теплового излучения характеризуют микроклимат в кабинах крана.

Мероприятия по оздоровлению условий труда в горячих цехах направлены не только на уменьшение тепловыделений, но и на защиту от них рабочих. На Макеевском труболитейном заводе в связи с переходом на центробежный способ отливки труб отпала необходимость в ряде трудоемких операций, улучшились условия микроклимата, уменьшилось количество рабочих, подвергающихся действию инфракрасной радиации. Так, по данным А. Ф. Макеева (1970), температура воздуха в цехе в среднем равняется в теплый период года 30,9—36,2°С, в то время как при прежнем способе отливки труб она достигала 43—54°С со значительными перепадами (8,3—23°С), интенсивностью инфракрасного излучения (4,5—8,5 кал/см<sup>2</sup>·мин) и подвижностью воздуха.

Несмотря на значительное улучшение условий труда в связи с механизацией, все же у нагревательных печей, печей обжига, на рабочих местах кузнецов, операторов и вальцовщиков, на станах горячей прокатки температура воздуха значительно превосходит гигиенические нормы и у рабочих наблюдаются признаки перегревания (Г. Т. Чукмасова и др., 1970).

По-видимому, это объясняется значительными изменениями характера, интенсификации производственных процессов и мощности агрегатов. Так, по данным Ф. М. Шлейфман и др. (1957), электропечи емкостью 10 т характеризуются тепловыделением порядка 700—800 тыс. ккал/ч, емкостью 40 т — 1 млн ккал/ч, а большегрузная мартеновская печь — до 2,5—3 млн ккал/ч.

По данным А. Н. Илющенко (1970), в мартеновском цехе Ждановского завода им. Ильича в связи с применением кислорода при сталеварении тепловыделения увеличились в 3,2 раза. Температура воздуха при этом на рабочих местах сталеваров, подрубных, машинистов, разлильщиков достигала в отдельных случаях 55—60° С (в среднем 38°), интенсивность излучения 8—16 кал/см<sup>2</sup>·мин., скорость движения воздуха в среднем 2,5 м/с.

А. С. Безручко (1974) указывает, что микроклимат в электросталеплавильных цехах характеризуется наличием мощных источников инфракрасного излучения, интенсивность которого колеблется в широких пределах, достигая 20 кал/см<sup>2</sup>·мин, температурой воздуха 27,2—40,0° С летом и довольно низкими цифрами (29,6 + 3°) зимой, скоростью движения воздуха в пределах 0—1,7 м/с. Н. М. Харковенко, А. А. Демин (1974) регистрировали в кабине машинистов клещевых кранов прокатного цеха температуру воздуха до 42°, а летом — до 59,8°, инфракрасное излучение интенсивностью 2,4—3,8 кал/см<sup>2</sup>·мин, скорость движения воздуха 1,2—1,8 м/с.

Горячие цехи в южных климатических районах характеризуются в летний период выраженным нагревающим микроклиматом. Архитектурно-строительные особенности зданий горячих цехов (много открытых проемов, низкие теплозащитные свойства наружных ограждений и т. д.), используемые в последние годы, направлены на улучшение условий микроклимата в них (М. Е. Курашвили, 1970).

Благодаря этому средние величины температуры и лучистого тепла ниже, колебания температуры больше не только в зависимости от времени года, но и в течение одного сезона.

Более высокая температура воздуха в горячих цехах летом (до 52° С) в условиях жаркого климата Армении отмечена Л. Г. Арутюняном (1971). Относительная влажность в этих цехах — 10—98%, скорость движения воздуха — 0,3—1,4 м/с.

Высокая температура воздуха и значительное инфракрасное излучение отличают и основные цехи металлургических заводов за рубежом. Борнефф (1960) приводит, в частности, следующие данные по тепловому облучению рабочих в горячих цехах металлургических заводов ФРГ. В доменном цехе каждый рабочий получает за смену облучения: 4000 Вт/см<sup>2</sup> при расстоянии от источника излучения 1,5 м, 3700—2,2 м, 3000—2,5 м (измерение проводилось с помощью термоприемника фирмы Lange). На сталелитейном заводе облучение составляло 1600 Вт/см<sup>2</sup>, при этом температура воздуха в мае равна 35°, движение воздуха 0,5 м/с, относительная влажность 40—54%. В прокатном цехе средняя величина облучения рабочих равна

5000 Вт/см<sup>2</sup> за смену, температура воздуха 28—29° С, скорость движения его 0,4—1,2 м/с, относительная влажность 40%.

*Микроклимат горячих цехов предприятий цветной металлургии.* Некоторые цехи предприятий цветной металлургии в теплый период года являются горячими с преобладанием теплоизбытков радиационного характера.

Нагретые стены аппаратов и коммуникаций в некоторых отделениях алюминиевого производства выделяют значительное количество тепла в воздух рабочих помещений и создают неблагоприятный микроклимат. Удельная тепловая нагрузка на алюминиевом заводе, например, составляет в отделении выщелачивания 92 ккал/м<sup>3</sup>, в отделении выпарки 152 ккал/м<sup>3</sup> (В. А. Гаврилов, С. В. Миллер, 1961). Средняя температура воздуха 29,2° С, поверхности оборудования — 120—160° С. В отличие от обычных горячих цехов здесь сочетаются значительные тепло- и влаговыделения, в силу чего относительная влажность достигает 100%.

В цехе коммуникации температура воздуха на некоторых рабочих местах равна 34—37° С при относительной влажности 30—40%. Интенсивность инфракрасной радиации составляет 8,5—10 кал/см<sup>2</sup>·мин.

В электролизных цехах поверхность электролита с температурой 200—300° С, пламя горящих газов создают микроклимат с интенсивным теплоизлучением. Высокая температура воздуха здесь сочетается с инфракрасным излучением интенсивностью от 1,5 до 9,0—16,0 кал/см<sup>2</sup>·мин.

Продолжительность непрерывного воздействия инфракрасных лучей на рабочего в период снятия пены составляет 1—3, иногда 5 мин, при пробивке корки и засыпке глинозема — 10—30 мин. Микроклимат электролизного цеха крупного алюминиевого завода характеризуется температурой воздуха 32,8—33,9° С, при обработке ванн — 40,8° С, обработке тыльных сторон ванн и их торцов — до 42,2—47,4° С, интенсивность лучистого потока при этом 2 кал/см<sup>2</sup>·мин (Л. З. Савенко и др., 1973).

Особенно неблагоприятным является микроклимат электролизных цехов алюминиевых заводов, расположенных в южных районах. В рабочих помещениях в теплый период года температура воздуха достигает 35° С. Инфракрасное излучение, особенно интенсивное при открывании окна печи, на рабочих местах обжигового передела равно 0,59 кал/см<sup>2</sup>·мин. В отдельных случаях интенсивность его достигает 1,8 кал/см<sup>2</sup>·мин (В. А. Лейтес, 1961).

Неблагоприятные микроклиматические условия вследствие больших тепловыделений создаются при отражательной плавке

Таблица 1

Микроклимат на рабочих местах при конверторной плавке (В. А. Лейтес, 1967)

Рабочее место	Температура наружного воздуха, °С	Температура рабочих помещений, °С		Тепловая радиация, кал/см <sup>2</sup> ·мин	
		средняя	максимальная	средняя	максимальная
У ковша, слив	21,3	33,0	40,0	6,1	6,9
Оправка горловины	15,0	30,0	37,0	1,5	2,2
Прочистка фурм	16,0	32,0	45,0	0,7	1,0
Кабина разлива	13,7	19,4	24,2	1,5	2,9
Очистка изложниц	13,7	28,0	33,4	2,2	2,6
Кабина и крановая	23,0	38,7	40,0	—	2,9

на штейн. Тепловая нагрузка на 1 м<sup>3</sup> здания составляет 300—500 ккал/ч. От каждой тонны расплавленного штейна на 1 пог. м поступает в помещение 1200—1300 ккал/ч. При этом средняя температура воздуха на рабочих площадках колеблется в пределах 30—48°С при относительной влажности 20—30%. Интенсивность облучения рабочих при выпуске штейна составляет 4,3—4,6, при заделке шпура — 6,0—6,6 кал/см<sup>2</sup>·мин. По данным Г. Д. Лях (1970), средняя интенсивность лучистого тепла при пробивке и заделке шпурового отверстия составляет 3,2, разбивке колок в желобах — 4,0, шуровке шлакового окна при выпуске шлака — 9,0 кал/см<sup>2</sup>·мин.

Неблагоприятным является микроклимат рабочих помещений при конверторной плавке вследствие больших конвекционных выделений тепла из горловины конвертора и радиационного тепла от расплавленной меди и шлака (табл. 1).

Электролиз меди происходит в помещениях с одинаковым микроклиматом в теплый и холодный периоды года, температурой воздуха летом и зимой 29—30°С при относительной влажности 60—80%, а зимой — 70—90% (А. М. Клейнер, 1957).

Микроклимат некоторых цехов свинцовых заводов также характеризуется высокой температурой воздуха и интенсивным тепловым излучением. Так, на горновой площадке плавильного цеха температура воздуха достигала 43,5°С и выше, а излучение 3—4 кал/см<sup>2</sup>·мин (В. Д. Кранцфельд, З. Б. Смелянский, 1961). Таким же представляется микроклимат в ферросплавных цехах (Б. Т. Величковский, 1973), помещениях окислительного обжига в процессе получения молибдена. Температура воздуха в летнее время достигает 37—38°С и более у пламенных печей,



в которых происходит прокалка вольфрамовой кислоты (З. И. Израильсон, О. Я. Могилевская, 1961).

*Микроклимат горячих цехов машиностроительной промышленности.* Высокая температура воздуха и интенсивное инфракрасное излучение наблюдаются в литейных цехах, где происходит плавка, заливка металла, нагрев и литье, и кузнечных цехах, где нагревают металл с последующей обработкой. Особенно много тепла поступает в рабочее помещение при отсутствии специальных дымо- и теплоотводящих устройств. Величина тепловыделения при этом может достигать миллионов килокалорий в час.

Микроклимат горячих цехов машиностроительных заводов в теплый период года характеризуется, по данным Л. К. Хозянова и С. С. Шефер (1961), следующими величинами. Средняя температура воздуха (при наружной температуре 25—30°С) в литейных цехах конверторного типа составляла: в плавно-заливочных отделениях 34,1—37,4°С, в выбивных — 36—37,7°С, в формовочных — 27—32,0°С. В литейных цехах рассеяного литья температура воздуха летом равна при формовке 20—25, зашивке — 30—35, выбивке — 25—30°С. При этом сталевары подвергались облучению интенсивностью 2,4—5,2 кал/см<sup>2</sup>·мин, выбивщики — 0,7—1,8 кал/см<sup>2</sup>·мин.

По данным Н. Ф. Галанина (1952), в электролитейном цехе на расстоянии 1,5 м от источника излучение равно 13—20 кал/см<sup>2</sup>·мин.

Температура воздуха в рабочей зоне кузнечных цехов в летнее время равна 34—36, а иногда 40—55°С. Интенсивность инфракрасного излучения на рабочем месте при этом достигает при штамповочных работах 1,3—4,0, при открытых отверстиях нагревательной печи 4,0—6,0 кал/см<sup>2</sup>·мин. Теплоизлучение в кузнечных цехах равно 12—40 кал/см<sup>2</sup>·мин на расстоянии 1,5—3,0 м от горнов (Н. Ф. Галанин, 1956).

По данным Л. А. Марченко (1971), температура воздуха на отдельных рабочих местах кузнечно-прессового цеха летом достигает 35—39,4°С, интенсивность инфракрасной радиации — 3,0—5,0 кал/см<sup>2</sup>·мин.

Температура воздуха в термических цехах составляет летом 27—41,5°С, причем рабочие, обслуживающие печи и ванны, подвергаются инфракрасному облучению интенсивностью 1,0—3,0 кал/см<sup>2</sup>·мин.

Относительная влажность в горячих цехах машиностроительных заводов 25—30%. По данным Л. М. Желнаковой и Л. М. Сидоровой (1974), в прессовом цехе машиностроительного завода рабочие-нагревальщики и откатчики — в летний период

подвергаются воздействию инфракрасной радиации интенсивностью 7—8 кал/см<sup>2</sup>·мин при температуре воздуха 37—40° С.

Особенно неблагоприятны условия микроклимата в кабинках крановщиков, где, по данным С. С. Шефер (1961), температура воздуха в теплый период года колеблется между 31,2—35,3 и 45—48° С.

Крановщики при этом подвергаются облучению интенсивностью 12—15 кал/см<sup>2</sup>·мин в момент ввода мульты в печь и 3—4 кал/см<sup>2</sup>·мин на расстоянии 4 м от открытого загрузочного отверстия печи. Температура стен и пола кабины равна 40—45° С.

*Микроклимат горячих цехов других предприятий.* К группе горячих цехов с радиационным микроклиматом можно отнести некоторые рабочие помещения стекольных заводов. Высокая температура воздуха в теплый период года (38—48° С) характерна для машинно-ваннных цехов современных заводов строительного стекла (М. Я. Супоницкий, Ф. М. Шлейфман и др., 1962).

Стекловаренная печь и машина вертикального вытягивания стекла являются источниками значительных тепловыделений. В проходах между газовыми горелками интенсивность лучистого потока доходит до 7,0 кал/см<sup>2</sup>·мин на расстоянии 1 м от источника. Даже на расстоянии 5 м интенсивность его еще составляет 1—3 кал/см<sup>2</sup>·мин. Поверхность стекловаренной печи, имеющая температуру 90—190° С, является источником инфракрасного излучения величиной 0,75—2,5 кал/см<sup>2</sup>·мин на расстоянии 1 м от нее. Листы стекла при выходе из машины имеют температуру 120—140° С и излучают 0,6—1,25 кал/см<sup>2</sup>·мин.

Румынские исследователи (Берхад и др., 1960) приводят данные, характеризующие микроклимат основных цехов предприятий стекольных заводов. Теплоизлучение от печей составляет 2 кал/см<sup>2</sup>·мин. Температура воздуха при работе на полуавтоматах стеклоизделий составляет летом 40° С при относительной влажности 23—69%.

Неблагоприятным является микроклимат рабочих помещений заводов тарного и художественного стекла (К. К. Врочинский, 1961). Температура воздуха у загрузочных карманов ваннных печей, у рабочего места засыпщика шихты летом достигает 60—63° С при тепловом излучении 4,0 кал/см<sup>2</sup>·мин. Такие микроклиматические условия на стекольных заводах объясняются недостаточной механизацией и техническим несовершенством (Б. С. Бодяко и др., 1961). Автор отмечал, что температура воздуха равна 26—33° С, тепловое излучение 4—12 кал/см<sup>2</sup>·мин. Примерно такими были микроклиматические условия в рабочих

помещениях других стекольных заводов (Р. Ш. Самитова, 1961; Бахад, Пилат, 1960, и др.)

Ф. М. Шлейфман (1972) показала, что в цехах стекольных заводов стекловары подвергаются действию инфракрасной радиации интенсивностью 1,5—5,0 кал/см<sup>2</sup>·мин, причем продолжительность облучения 5—15 мин при температуре воздуха 35—40° С. Исследования последних лет (Ф. М. Шлейфман и др., 1973, 1975; Г. И. Пашковская, Н. С. Иргер, 1974; Л. А. Марченко и др., 1976) свидетельствуют о том, что микроклимат в стекольном производстве мало изменился и характеризуется значительными интенсивностями инфракрасного излучения и высокими уровнями температуры, особенно в летний период.

Мало освещены условия микроклимата в рабочих помещениях заводов порошковой металлургии. Между тем в термических отделениях на рабочего действует лучистый поток интенсивностью 1,5—2,5 кал/см<sup>2</sup>·мин, а температура воздуха в цехе при наружной температуре 12—24° С достигает 26—33° С (Г. Е. Жирнова, И. А. Карпатов, 1971).

В печных цехах цементного производства источниками тепловыделений являются поверхности печей, нагретые до 250° С. Средняя температура воздуха у головки печей в теплый период года равна 40—45° С, на площадке углеподачи — 31—54° С. Футеровку печей во время работы производят в условиях температуры воздуха 40—60° С и выше. При этом интенсивность теплового облучения рабочих доходит до 5 кал/см<sup>2</sup>·мин (Н. И. Садковская, Л. К. Хоцянов, 1961).

В кирпичном производстве садчики кирпича работают при температуре воздуха 30—40, а выставщики 40—50° С, причем 70% рабочего времени они проводят внутри печи. Интенсивность инфракрасного излучения 0,5—1,0 кал/см<sup>2</sup>·мин.

По данным Л. И. Максимовой (1959), обжиг кирпича производят в печах различной конструкции при температуре 850—1350° С. В помещении кольцевых печей (гофмановских) при выставлении изделий температура воздуха в рабочей зоне равна 50—60° С при интенсивности инфракрасного излучения 0,5—2,0 кал/см<sup>2</sup>·мин.

И. М. Эрман, Г. Е. Жирнова и А. П. Охрименко (1962) зарегистрировали при садке сырца в кольцевую печь температуру воздуха 40—50° С, при выгрузке кирпича — 35—50° С, при инфракрасном излучении интенсивностью 1,5—2,0 кал/см<sup>2</sup>·мин. Примерно такими же являются микроклиматические условия в помещениях обжиговых печей и по данным других исследователей (А. М. Спирина, 1958; Ф. М. Каган, 1962, и др.), а также зарубежных авторов. Так, Йокл (1962) в рабочих помещениях

кирпичных заводов Чехословакии зарегистрировал летом температуру воздуха на рабочих местах у кольцевой печи 45° С.

Наряду с тепловыделением радиационного характера в названных цехах предприятий строительной индустрии имеются и значительные конвекционные тепловыделения, которые играют большую роль в формировании микроклимата в них.

*Микроклимат горячих цехов с преобладанием конвекционных тепловыделений.* Микроклимат рабочих помещений сахаропесочных заводов детально изучен еще в 30-х годах (Г. Х. Шахбазян, С. А. Гальберштат, М. Л. Логвинская и др.). Ряд цехов в них в силу технологических процессов являются горячими. Микроклимат оказывает выраженное нагревающее действие на организм работающих. Тепло поступает преимущественно в виде конвекционных потоков.

Более поздние исследования (Р. Д. Габович, М. Б. Белага, 1961) дают примерно ту же картину микроклиматических условий на станциях выпарки, механических фильтров, фильтр-прессов, пробелки и др.

По данным Ф. М. Шлейфман, Е. П. Тупчия (1970), неблагоприятные микроклиматические условия в горячих цехах сахарных заводов создаются за счет первичных и вторичных источников тепловыделений, имеющих температуру от 32 до 66° С.

Характерной особенностью производственного микроклимата горячих станций сахарных заводов является сочетание высокой температуры и влажности со значительной подвижностью воздуха. Тепловое излучение на рабочих местах незначительно. Температура внутри помещений не зависит от температуры наружного воздуха.

Высокая температура воздуха характерна для рабочих помещений сахаро-рафинадных заводов (М. Я. Супоницкий, Ф. М. Шлейфман, 1961). В отличие от песочных, влажность воздуха рафинадных заводов из-за отсутствия больших источников влаговыделений невелика. Незначительны также подвижность воздуха и радиационные тепловыделения. По данным Е. П. Тупчия (1975), удельные тепловыделения в некоторых цехах сахаро-рафинадных заводов достигают 30 ккал/м<sup>3</sup>·ч и более, что приводит к повышению температуры воздуха на отдельных рабочих местах до 35—45° С. Эти величины превышают температуру наружного воздуха на 14—25° С. Аналогичные результаты получены О. В. Чебановой (1975).

Микроклиматические условия, характеризуемые нами как условия горячего цеха, имеются и в некоторых помещениях тепловых электростанций. Исследования турбинных цехов 5 типовых электростанций показывают, что в летнее время в них

наблюдается нагревающий микроклимат (Е. П. Вишневецкая, 1960).

М. И. Захаренко (1975) микроклимат рабочих площадок и помещений котельно-турбинного цеха относит к нагревающему. Главными источниками избыточных тепловыделений являются основное и вспомогательное оборудование (котлы, турбины и т. д.), температура которых на поверхности 60—96° С, а при отсутствии теплоизоляции — 100—150° С. Интенсивность излучения здесь достигает 0,3—1,5, а на площадках золошлакоудаления — 1,5—4,5 кал/см<sup>2</sup>·мин. К этой группе помещений относятся также пекарные залы хлебопекарен, теплицы (В. С. Голенко, 1973) и др.

В химической промышленности встречаются рабочие помещения с нагревающим микроклиматом. Так, в производстве химического волокна температура воздуха в помещениях достигает в химическом цехе 36, в прядильном — 46° С. Даже в холодный период года В. Д. Кранцфельд (1961) зарегистрировал температуру воздуха 33—41° С.

К числу производственных помещений с преобладанием конвекционных тепловыделений можно отнести красильные цехи текстильной промышленности. Высокая температура воздуха в них определяется тем, что крашение происходит в аппаратах при 60—85° С или при 100—105° С. Поверхность красильных и промывных ванн, окрашенные предметы служат источником значительных тепло- и влаговыделений. Высокая температура воздуха наблюдается в помещении сушильных аппаратов и др. (А. Е. Пастернак, А. И. Пахомычев, 1961). Температура воздуха в ткацких цехах, по данным этих авторов, достигала 29—30° С при относительной влажности до 80%.

Н. В. Фролов (1949) в ткацких цехах Орехово-Зуевской хлопчатобумажной фабрики регистрировал температуру воздуха 40° С. Микроклимат цехов Ташкентского текстильного комбината, по материалам Т. Д. Симонович (1959), в зимний период мало отличается от летнего. Температура воздуха колеблется в пределах 30—34° С, относительная влажность 85%. Движение воздуха, как правило, небольшое, в отдельных случаях до 1,3—2,5 м/с.

Микроклимат глубоких угольных шахт отличается сочетанием высокой температуры и влажности. Так, на глубине 800 м и более температура воздуха в шахтах Донбасса равна 30—33° С при относительной влажности 85—98%. Движение воздуха, создаваемое общеобменной и местной вентиляцией, довольно значительное — 3,0—5,0 м/с (А. А. Шаптала, 1960). При глубине шахты более 2000 м на нижних горизонтах температура 42—

50° С (И. Т. Приходько, 1957). Таким образом, в глубоких шахтах условия микроклимата сходны с таковыми горячего цеха, к тому же с высокой влажностью воздуха. О высокой температуре в глубоких шахтах свидетельствуют и данные С. С. Саротинянца (1967), А. Л. Решетюка (1974, 1975), Н. Н. Солдака (1975), В. П. Алферова (1975), Н. П. Паранько (1975) и др.

Нагревающий микроклимат, формируемый конвекционным теплопоступлением, имеется в целом ряде производств легкой промышленности.

**Микроклимат рабочих помещений с резко выраженными колебаниями (перепадами) составляющих его элементов.** Характеризуя микроклимат горячих цехов, мы всегда приводим данные летнего периода года, когда имеются высокая температура, интенсивное тепловое излучение, сравнительно низкая влажность воздуха.

В холодный период, когда, как правило, огромные помещения этих цехов не отапливаются, источники тепловыделения не обогревают их целиком, создается своеобразный микроклимат со значительными колебаниями отдельных элементов как по вертикали, так и особенно по горизонтали.

Непосредственно вблизи мощных источников тепловыделения высокая температура сочетается с инфракрасным излучением. По мере удаления от источника температура воздуха часто снижается до 0° С, а интенсивность теплоизлучения резко уменьшается. По данным Ф. М. Шлейфман (1966), интенсивность излучения от печи обжига ферросплавов с расстоянием уменьшается (табл. 2).

Таким образом, один и тот же цех в теплый период года может быть назван горячим, в холодный — с выраженными колебаниями параметров микроклимата.

На постоянные колебания температуры воздуха в горячих цехах металлургических заводов указывали Б. Б. Койранский (1934), С. И. Каплун (1946), И. М. Эрман (1957), М. Е. Курашвили (1958), Ф. М. Шлейфман и Г. Е. Жирнова (1957), В. А. Литкенс, Л. В. Попова (1961), Ф. М. Шлейфман (1974) и др.

В печном пролете электросталеплавильных печей, где температура воздуха летом достигает 50° С, зимой она колеблется в пределах  $-7 + 8^{\circ}$  С, в особо холодные дни может снижаться до  $-15^{\circ}$  С (Ф. М. Шлейфман, 1966). В то же время на рабочей площадке возле рабочего окна температура воздуха равна  $+25^{\circ}$  С и больше (А. С. Безручко, 1974).

Таким образом, перепад температуры зимой в разных местах электросталеплавильного цеха достигает 40° С и больше.

Таблица 2

**Интенсивность излучения  
в зависимости от расстояния от  
источника, кал/см<sup>2</sup>-мин**

Расстояние от печи, м	При опу- щенной за- слонке ра- бочего ок- на	При под- нятой за- слонке ра- бочего ок- на
0,3	1,5	14,0
1,0	—	10,5
2,0	—	7,0
3,3	—	4,0
4,3	—	2,0

Таблица 3

**Температура воздуха в бессемеровском  
цехе при различных температурах  
наружного воздуха, °С**

Температура наружного воздуха	Температура воз- духа в цехе		Макси- мальный темпера- турный перепад
	мини- маль- ная	макси- мальная	
— 9,8	— 6,0	20,6	30,4
— 4,0	0	24,0	28,0
0	3,9	27,0	27,0
3,0	6,6	28,0	25,0
5,0	8,2	28,5	23,5

По данным И. Г. Векслера (1959), температурные колеба-  
ния в бессемеровском цехе в зимний период выражались сле-  
дующими цифрами (табл. 3).

Относительная влажность воздуха в цехе уменьшается от  
периферии к местам значительных тепловыделений от 60—90%  
до 25—50%, а подвижность воздуха в зимний период от 2,0—  
3,5 м/с в местах, близких к открытым проемам, до 0,5 м/с в се-  
редине цеха.

Н. П. Кокорев, И. М. Эрман (1967) указывают, что в холод-  
ное время года температура воздуха в литейных дворах колеб-  
лется от 6,0 до 25—30°С, скорость движения воздуха — от 0 до  
2,5 м/с. В печных пролетах прокатных цехов в холодное время  
на расстоянии нескольких метров от печей температура мало  
отличается от таковой наружного воздуха. Большие перепады  
температуры и других элементов производственного микрокли-  
мата имеются в литейном дворе доменного, мартеновского и бес-  
семеровского цехов, кузнечно-прессовом и др. (И. М. Эрман,  
1961). Примерно то же наблюдается в зимний период и на ра-  
бочих местах других заводов (П. И. Каган, Ф. М. Каган,  
Г. Л. Василевская, 1958; И. Г. Векслер, Н. А. Макаренко и др.  
1962).

В кабинах кранов зимой на рабочего воздействует то инфра-  
красное излучение (когда кран находится над печью), то по-  
токи холодного воздуха — при выполнении других операций.  
На некоторых рабочих местах отмечен перепад температуры на  
уровне ног и туловища в 15°С больше (Е. И. Стеженская,  
1954).

С. В. Миллер и др. (1963) сообщают, что на рабочих электролизных цехов алюминиевых заводов воздействуют лучистое тепло в сочетании с высокой температурой летом и резкие колебания температуры зимой.

В конверторном цехе металлургического производства меди в зимний период преобладают низкие температуры воздуха. Являясь типичным горячим цехом летом, зимой в нем преобладает микроклимат с резкими колебаниями температуры воздуха.

Значительные перепады температуры воздуха в зоне пребывания рабочих наблюдаются при обжиге кирпича (Л. А. Куликова, 1958), при загрузке и выгрузке кирпича из кольцевых печей в холодный период года (И. М. Эрман и др., 1962). По материалам Л. М. Максимовой (1961), рабочие при выходе из кольцевых печей обжига (что происходит 80—100 раз в смену) подвергаются резким перепадам всех элементов микроклимата, в частности температуры до 20—40° С в зимний период. Об этом свидетельствуют данные Г. Е. Жирновой (1963), Г. Е. Жирновой, А. П. Охрименко и др. (1953). А. А. Шаптала и др. (1961) указывают на наличие резких колебаний температуры воздуха в глубоких шахтах.

Большой диапазон колебаний наблюдается в горячих цехах с интенсивным инфракрасным излучением. В доменном цехе, например, наблюдается облучение рабочих интенсивностью от 1,0 до 15,0 кал/см<sup>2</sup>·мин. Аналогичные результаты получены на заводах по производству строительных материалов (Ф. М. Шлейфман и др., 1972).

Сказанное убеждает в том, что микроклиматические условия производственных помещений горячих цехов следует оценивать по-разному: горячие цехи как таковые в теплый период и цехи с резкими колебаниями метеорологических условий в переходный и холодный периоды года.

**Микроклимат открытых мест и рабочих помещений с низкой температурой воздуха.** В настоящее время большое количество работ производится при низких температурах, в связи с пребыванием на открытом воздухе зимой, ранней весной, поздней осенью и в неотапливаемых помещениях или помещениях с искусственно создаваемым и поддерживаемым в технологических целях холодом.

К первой группе относятся работы по строительству зданий и сооружений (железных дорог, газопроводов), судостроительные, лесозаготовительные, часть сельскохозяйственных работ, торфяные и иные разработки, рыбные промыслы и т. д.

Из второй группы интерес представляет микроклимат искусственно охлаждаемых помещений, в частности, распространен-



ных в пищевой промышленности холодильников. Искусственный холод применяется в 250 отраслях промышленности, науки и техники (Г. Н. Репин, 1972).

Современная техника сделала возможным ведение строительных работ в зимний и переходные периоды года. По наблюдениям А. Е. Малышевой (1961), работа на строительной площадке проводилась при температуре от 0 до  $-12^{\circ}\text{C}$ , скорости движения воздуха от 1 до 5 м/с. В отдельных случаях наблюдалась температура воздуха  $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже. Е. Ф. Медведева (1961) проводила исследования условий труда группы строительных рабочих при температуре от 1 до  $-12^{\circ}\text{C}$ , подвижности воздуха от 1,0 до 5,6 м/с; Г. Н. Репин (1961) — при температуре  $-2$ — $-6^{\circ}\text{C}$  и движении воздуха 3,3—4,3 м/с.

П. И. Гуменер (1961) исследовал труд горнорабочих в Заполярье при температуре воздуха до  $-30^{\circ}\text{C}$ . В Арктике, по данным Maskwort (1953), работы проводились при температуре  $-25$ — $-35^{\circ}\text{C}$ , скорости движения воздуха 0,4—4,0 м/с.

Б. Б. Койранский (1948) выделяет в особую группу микроклимат с температурой воздуха ниже зоны комфорта и выше величин, вызывающих выраженное холодовое воздействие, то есть от 10 до  $-10^{\circ}\text{C}$  (так называемые субнормальные температуры). В таких условиях приходится работать в судостроительной, торфяной, лесной, угольной промышленности и сельском хозяйстве, а также в зимний период в горячих цехах.

Работы на открытых площадках в жарком климатическом поясе характеризуются особым микроклиматом. В летнее время в Туркмении, по наблюдениям Б. Г. Багирова (1973), температура воздуха на открытых производственных площадках работающих достигает  $38$ — $40^{\circ}\text{C}$ , а температура поверхности почвы в результате нагревания солнцем  $-50^{\circ}\text{C}$  и больше. На работающих воздействует также значительная солнечная радиация. Осенью и весной наблюдаются резкие колебания температуры, суточная амплитуда которой составляет  $30$ — $35^{\circ}\text{C}$ . В Узбекистане летом на строительной площадке после 12 ч температура воздуха в среднем  $34^{\circ}\text{C}$ , в отдельные дни — до  $40^{\circ}\text{C}$  (М. Х. Назармухамедова, 1969).

Более подробно изучены микроклиматические условия во время сельскохозяйственных работ. Г. Х. Шахбазян, Ю. И. Кундиев (1970) показали, что тракторист летом работает при температуре воздуха  $35$ — $36^{\circ}\text{C}$  и инсоляции интенсивностью  $1,35$  кал/см<sup>2</sup>·мин.

С. П. Зеленцова (1974, 1975) при температуре наружного воздуха  $30$ — $32^{\circ}\text{C}$  регистрировала в кабине трактора температуру  $42$ — $45^{\circ}\text{C}$ . В кабинах тракторов, работающих в среднеазиатских

республиках, температура воздуха достигала 52—55° С. Передняя стенка кабины нагревалась до 60—65° С. Автор отмечает, что в кабинах новых тракторов, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией и кондиционерами, условия микроклимата значительно улучшены.

С понижением температуры наружного воздуха охлаждаются внутренние ограждения кабины. Так, при температуре воздуха 8° С, температура пола кабины трактора составляет 9,8, потолка — 11° С. Ранней весной и поздней осенью трактористы работают при температуре 2—3° С. В зимний период температура воздуха в кабине трактора колеблется от минус 6,8 до минус 8,1° С. Отопление кабины смягчает эти условия.

Не лучше условия и в помещениях животноводческих хозяйств. Температура воздуха в коровниках зимой колеблется от 3 до 13,7° (М. Я. Супоницкий, 1960).

Микроклимат холодильников характеризуется низкой температурой воздуха, колеблющейся в пределах от 3,0 до —25° С, высокой влажностью воздуха (85—95%) и радиационным охлаждением от стен, пола, холодных предметов (А. Е. Малышева, Г. Н. Репин, К. К. Андреева, 1957).

По данным К. К. Андреевой (1961), в холодильниках рабочие находятся в течение 50—75% рабочего времени, причем в большинстве камер температура воздуха равна —8 —12° С.

В то время как гигиеническая характеристика и мероприятия по нормализации микроклимата горячих цехов подробно освещены в литературе, о микроклимате помещений и условиях работы при низких температурах данных недостаточно. Лишь в 50-х годах повысился интерес к вопросам, связанным с микроклиматом холодильников и условиям труда при работе на открытом воздухе в холодный период года (А. Е. Малышева, К. К. Андреева, Г. Н. Репин, 1953; Б. Б. Койранский, 1954; К. М. Смирнов, 1954; И. С. Кандрор, 1959; А. Е. Малышева, 1961, и др.).

Микроклимат холодильных камер, как правило, стабилен, на него не влияют ни место расположения, ни время года. Температура зависит от вида помещения и способов охлаждения. Относительная влажность воздуха во всех помещениях высокая — 92—95%. Температура у поверхности пола на 1,5—2° С ниже температуры воздуха в цехе. Движение воздуха в самих холодильных помещениях невелико, но в помещении, сообщающемся с наружной атмосферой, может быть значительным.

Радиационное охлаждение значительно усугубляет действие холодного воздуха в холодильных помещениях (Г. Н. Репин, 1972).

**Искусственно поддерживаемый микроклимат рабочих помещений.** В рабочих помещениях целого ряда предприятий, особенно служебных конторах, лабораториях микроклимат в холодный период года создается системой отопления, иногда кондиционированием воздуха. В летний период микроклимат этих помещений зависит от условий макроклимата, температура воздуха в них может повышаться за счет тепловыделений от оборудования, движущихся механизмов и людей. К ним можно отнести ткацкие и некоторые цехи текстильных фабрик, где определенные условия поддерживаются в той или иной степени установками по кондиционированию воздуха. Так, в цехах швейных фабрик летом температура воздуха достигает 30—32° С (О. В. Джакавадзе, 1960).

Широкое распространение получило строительство незаконных и безфонарных зданий с кондиционированием воздуха в ряде районов нашей страны. По наблюдениям Н. Солижон (1975), температура воздуха в цехах Наманганского комбината шелковых тканей, расположенных в таких зданиях, колеблется от 26,6 до 30° С, при относительной влажности 50—75% и скорости движения воздуха 0,5—0,6 м/с. Опыт показывает, что с гигиенической точки зрения герметические незаконные и безфонарные здания имеют ряд недостатков (трудность устранения пыли, избытков тепла и влаги, отсутствие естественного освещения и т. д.).

## **ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА И ОТДЕЛЬНЫХ ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ НА ОРГАНИЗМ**

**Некоторые данные о терморегуляции организма.** Терморегуляция — филогенетически развившаяся способность организма, обусловившая превращение пойкилотермных животных в гомойотермных, — у человека достигла высокого совершенства и позволяет поддерживать постоянство температуры тела в широких пределах колебаний климатических условий внешней среды.

Большинство химических реакций, происходящих в организме, как известно, протекают экзотермически. Реакции гидролитического распада, нейтрализации кислот и щелочей, окислительные процессы превращения макроэргических фосфорных соединений и другие сопровождаются выделением тепла, этого главного, по выражению А. А. Богомольца, экскрета организма. Макроэргические вещества служат источником энергии для работы мышц, биохимических процессов синтеза, внутренней работы и т. д.