Современный комплекс требований к СКВ и СВ (санитарно-гигиенические и технологические требования)

Нормируемые параметры воздушной среды

Параметры воздушной среды (температура, относительная влажность, подвижность) в пределах обитаемой (рабочей) зоны жилых, общественных и производственных зданий и помещений должны удовлетворять действующим санитарно-гигиеническим нормативам [3-6] с учетом категории работы, периода года, термического сопротивления одежды и др. факторов. Нормативы постоянно совершенствуются, становятся все более комплексными и дифференцированными, уточняя наши представления о комфорте человека. Так, например, кроме традиционных параметров $t_в$, $\varphi_в$, и $v_в$ нормируется радиационная температура ($t_{рад}$) и локальная асимметрия результирующей температуры [4]. По сочетанию четырех параметров оценивают [4]:

- PMV – ожидаемое значение теплоощущения по шкале от –3 (холодно) до +3 (жарко);
- PP – ожидаемая вероятность неприятного теплоощущения (в %).

При существующем нормировании только допустимые параметры воздушной среды являются обязательными для соблюдения. Этим требованием реализован новый подход к разработке нормативных документов, когда уровень комфорта можно улучшить при желании и наличии средств у "Заказчика", наращивая технические возможности систем и уровень комфорта по мере поступления средств. Допустимые параметры воздуха в помещениях при наружных расчетных параметрах "А" в теплый период года должны быть не более $t_в$ =28°С, $\varphi_в$ =65%, $v_в$ =0,5 м/с (при $t^а_{н\ рт}$ 25°С) для общественных и административно-бытовых помещений. Для сравнения приведем оптимальные параметры воздуха в этот период: $t_в$=20…22°С при $\varphi_в$ =60…30% и $v_в$ <0,2 м/с и $t_в$ =23…25°С при $\varphi_в$ =60…30% и $v_в$ <0,3 м/с. Кроме значения нормируемой температуры воздуха регламентируется ее допустимое отклонение в приточной струе на входе в рабочую зону при избытках (-) и недостатке (+) теплоты (~1…3°С) по прил. Д СНиП 41-01-2003 [5] в зависимости от уровня комфорта и зоны действия струи на человека. Точность поддержания параметров согласно п. 12.21 этих же норм при кондиционировании воздуха составляет ±1°С, ±7% в точке установки датчиков. Таким образом можно считать, что температурное поле нормируется в пространстве и во времени. В проектной практике к выбору параметров часто подходят достаточно формально. На самом деле эти параметры нужно обеспечить при реальной работе систем и их сдаче «Заказчику».

Шум на рабочем месте по октавным частотам не должен превышать нормируемого СН 2.2.4/2.1.8.562-92 [6], см. табл. 1 для данного вида трудовой деятельности человека. В инженерных расчетах уменьшают нормируемую пооктавно величину на 5 дБ, учитывая тем самым шум только от вентиляции. Естественно, что чем сложнее и напряженнее выполняемая человеком работа, тем ниже нормируемый уровень шума в помещении.

Таблица 1 Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука в (дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, Конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях, дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60
3	Работа. Выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинетах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в п.п.1-4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Нормирование содержания вредных веществ в воздухе помещений

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений не должно превышать ПДК, определенного для данного вещества по ГОСТ 12.01.005-88 [4]. Постоянным рабочим местом считают то, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50%) или 2 ч непрерывно. Кроме ПДК для каждого вредного вещества указывается преимущественное агрегатное состояние (пар, газ или аэрозоль), класс опасности (I - IV), связанный с ПДК, и особенности воздействия на организм. Нормируемые концентрации не остаются постоянными, а изменяются, приближаясь к зарубежным нормативам. В качестве примера характеристики некоторых вредных веществ приведены в таблице 2.

Таблица 2 ПДК и другие свойства некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны (по ГОСТ 12.01.005-88 «Воздух рабочей зоны», приложение 2)

Наименование вещества	ПДК Мг/м 3	Преимущественное агрегатное состояние	Класс опасности	Особенности действия на организм
58 Аммиак	20	п	IV	
127 Бензин	100	п	IV	
207 Водород фтористый	0,1	п	I	о
389 Дифтордихлорэтилен	1	п	II	
531 Кислота азотная +	3	а	III	
566 Кислота серная	1	а	II	
599 Кремния диоксид	2	а	III	Ф
631 Марганец в свар.аэрозолях	0,2	а	II	
800 Озон	0,1	п	I	о
859 Поливинилхлорид	6	а	III	
874 Полиэтилен	10	а	IV	
900 Ртуть	0,01	п	I	
905 Свинец	0,01	а	I	
918 Силикатосодержащие пыли	2…8	а	III-IV	ф.к-ф
1132 Фенол	0,3	п	II	
1162 Хлор	1	п	II	о
1254 Щелочи едкие (растворы в пересчете на NaO H)	0,5	а	II	

Условные обозначения: п – пары и/или газы; а – аэрозоль, + - требуется специальная защита кожи и глаз; о – вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе; А – вещества, способные вызвать аллергические заболевания; к – канцерогены; ф – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

В зарубежной литературе указывается на необходимость нормирования для жилых и административно-общественных зданий и помещений таких веществ, как радон, газы от

мусорных свалок и мест складирования отходов, продукты горения, табачный дым, формальдегид, летучие органические соединения, газы процессов метаболизма и микроорганизмы. Видимо такой подход будет со временем применен и в отечественной практике нормирования. Можно считать, что подача саннормы наружного воздуха (прил. М СНиП 41-01-2003) [5] частично решает эту задачу. При кратковременном пребывании человека в помещении саннорма составляет 20 м 3 /ч·чел, при длительном пребывании в помещениях без естественного проветривания – 60 м 3 /ч·чел.

В зарубежной литературе ощущаемое качество воздуха измеряют в **деципол**ах и определяют источником загрязнений интенсивностью 1 **олф** (стандартная персона) при подаче наружного воздуха в объеме 10 л/с. Тогда 1 деципол=0,1 олф/(л/с). Существует зависимость между качеством воздуха, характеризующимся процентом неудовлетворенных и числом деципол (рис. 1). На основе понятий олф и деципол предложено определять воздухообмен по наружному воздуху с учетом выделений вредных веществ людьми, конструкциями, при курении и др. факторами. Поясним эту методику расчета воздухообмена кратким примером.

Пример 1. *В существующем офисном здании в центре города невысокое качество наружного воздуха ($c_н$=0,5 деципол). Качество внутреннего воздуха относится к категории с (рис. 1, 30% неудовлетворенных) или $c_в$=2,5 деципола (рис. 1, точка с). Курение разрешено и 40% присутствующих оцениваются как курящие, что соответствует 3 олф/чел. Заполняемость соответствует 0,1 чел/м 2 . Используются стандартные строительные материалы, то есть удельные выделения от них 0,3 олф/м 2 . Итого интенсивность загрязнений от людей 3х0,1=0,3 олф/м 2 , от элементов зданий 0,3 олф/м 2 , всего 0,6 олф/м 2 . Требуемый воздухообмен по наружному воздуху из условий комфорта:*

$$L_н = 10\frac{0,5}{2,5-0,3} = 2,5$$ *л/с·м 2 пола или 25 л/с·чел (90 м 3 /ч·чел).*

Технологические требования к СКВ и параметрам воздушной среды

Многочисленные и разнообразные технологические процессы в промышленности протекают чаще всего в воздухе. Они предъявляют разные требования к уровню параметров состояния и состава воздушной среды и точности их поддержания. Существует несколько способов определения этих величин:

- на основе задания инженера-технолога данного производства;
- на основе данных табл. 15.1 «Справочника проектировщика» [2] или табл. 2.5-2.7 монографии Б.В.Баркалова и Е.Е.Карписа [1]; фрагмент этих данных для основных производств представлен в таблице 3;

Таблица 3 Оптимальные параметры воздуха в некоторых производственных и общественных зданиях и помещениях (по данным Б.В.Баркалова и Е.Е.Карписа [1])

№ п/п	Наименование помещений	Параметры	
		$t_в$,°С	$ф_в$,%
1	Архивы, библиотеки, хранилища	18±1	55±5
2	Хирургическая операционная и послеоперационная	22…25	55…60
3	Лаборатории исследования металлов	20	40

4	Термоконстантные помещения для прецизионных работ: группа 3	20±0,2	40
5	Цехи точного машиностроения	20	40…50
6	Цехи электронно-технического производства	20	45…50
7	Склады фармацевтических материалов	20…25	30…35
8	Склад табака	18…24	75…80
9	Цехи пивоваренного производства:		
	солодовня бродильный	12 4…8	80…85 60…65
10	Цех шлифовки линз	24	80
11	Многоцветная литография (офсет)	24…26	46…48
12	Производство капронового корда	19	47

Примечание: обращает на себя внимание разные диапазоны и разная точность поддержания температуры и относительной влажности в разных технологических процессах, хотя сама точность в таблице не указана.

- на основе литературных данных для рассматриваемого технологического процесса.

Нормируемые параметры воздушной среды при всей их важности не следует абсолютизировать, так как они в принципе являются переменными, зависящими от технологического процесса, свойств гигроскопического сырья и других составляющих производства. По мере развития той или иной технологии или при появлении новых технологий требования к параметрам и точности их соблюдения непрерывно возрастают, что в конечном счете обеспечивает сортность и качество выпускаемой продукции, уменьшение брака и соответствующих затрат. Особенно это заметно в передовых и быстроразвивающихся отраслях современных технологий и производств (рис.2). По мере изменения и совершенствования технологических процессов нормируемые параметры воздуха, впрочем как и тепловлаговыделения, могут меняться, что потребует соответствующих запасов по воздуху, холоду и теплоте (т.н. «гибкие» технологии). Кроме того потребуется изменение заданий (уставок) соответствующих регуляторов и контроллеров.

Виды и способы обеспечения допустимых отклонений

Наиболее сложно обеспечить меньшие отклонения, что достигается обычно комплексом мер. Среди них:

- уточнение зоны стабилизации параметра;
- анализ основных возмущений (тепло- или влаговыделений);
- выделение их из зоны термо- или влагостатирования;
- выбор закона регулирования параметра (обычно ПИ или Рс);
- выбор аппаратов контура стабилизации и снижение их инерционности.

При анализе отклонений параметров нужно учитывать их основные типы: вид параметра ($t_в$, $\varphi_в$, $d_в$, $i_в$, $v_в$, $c_в$ и др.), отклонения параметра (статическое, динамическое, амплитудное), знак

отклонения, частота колебаний и их совокупное влияние на объект, требующий стабилизации.

Классификация технологических требований и процессов к параметрам

Все технологические процессы по степени влияния на них параметров состояния и состава воздушной среды можно условно разделить на группы (рис. 3):

- технологический процесс не требует специальных параметров воздуха;
- технологический процесс требует обычных параметров и их отклонений (±1°С, ±7%);
- технологический процесс требует повышенной точности поддержания параметров (<±1°С; <±7%) и (или) повышенной чистоты (рис. 2);
- технологический процесс протекает в специальной камере, где заданы не обычные, а другие (повышенные, пониженные) значения параметров, их программное изменение и др.

При технологическом КВ должна быть задана та зона, где установлено оборудование, требующее данных параметров. В случае, если такая зона по площади мала, целесообразно местное кондиционирование; в остальной части помещения могут поддерживаться другие параметры с большими отклонениями. При точной обработке и сборке первостепенна стабилизируемая температура, для гигроскопических (капиллярно-пористых) материалов – относительная влажность, в чистых технологиях кроме точного поддержания параметров жестко регламентируется содержание аэрозолей и микрофлоры в воздухе. В некоторых объектах эти жесткие требования могут совпадать, как например в микроэлектронике.

Где можно почитать о технологическом кондиционировании?

Методы обеспечения особоточных температурно-влажностных условий и повышенной чистоты воздушной среды подробно описаны в книге автора [7]. Для предварительного ознакомления читателя ниже приводим оглавление гл. 2 книги [7] в части описываемых технологий и методов стабилизации параметров воздушной среды. Это тем более важно, что в начале XXI века в нашей стране ожидается и уже наблюдается заметный подъем современного производства.

Глава 2. Специальные системы кондиционирования воздуха

2.1 Помещения с особоточным (прецизионным) поддержанием параметров воздуха

Объекты прецизионного поддержания параметров воздуха

Эксплуатационные требования

Основные способы стабилизации параметров

Основные физические представления о динамической стабилизации температуры изделий

Стабилизация равновесной влажности материалов

Гармонический анализ безразмерной периодической приближенно-экспоненциальной функции

Более сложные случаи гармонического анализа

Техническое задание на прецизионную стабилизацию температурного режима (пример)

Особенности выбора прецизионного автоматического регулятора температуры

2.2 «Чистые» производственные помещения

Основные объекты (к началу XXI века), использующие «чистые» технологии

Частицы в воздухе чистых помещений

Источники микрозагрязнений в помещении

Основные свойства атмосферной пыли

Контроль за загрязнением воздуха в «чистых» помещениях

Стандарт – «Чистые помещения» (ГОСТ Р 50766-95)

Требования к системам вентиляции и кондиционирования воздуха ЧПП

Физические механизмы фильтрации частиц

Требования к подсистеме очистки наружного и приточного воздуха

Классификация фильтров для очистки воздуха

Комплексные характеристики эффективности фильтров

Приближенная оптимизация выбора конечного сопротивления фильтра предварительной очистки наружного воздуха

Основные виды и конструкции фильтров для очистки наружного, рециркуляционного и приточного воздуха

Эффективность улавливания пыли в камерах орошения (побочный эффект)

Принципиальные решения и схема СКВ для «чистых» помещений

Методика подбора фильтров последних (финишных) ступеней очистки

Пример подбора фильтров финишной очистки

Переходный процесс изменения концентрации частиц в чистом помещении

Анализ аэродинамического режима герметизации ЧП*

Компьютерное моделирование аэродинамики и переноса загрязнений в ЧП

Сводная номограмма характеристик аэрозолей, классов ЧП и фильтров финишной очистки

2.3 Технологические камеры специального назначения

2.3.1 Кабины кранов и пультов управления

Особенности нагрузок и параметров воздуха

Требования к СКВ кранов и пультов управления

Характерные типы и конструкции крановых кондиционеров

2.3.2 Камеры испытания изделий электронной техники и электротехники

Требования, виды и методики стандартных испытаний

Камера испытания электрических машин и выбор СКВ

Приближенная классификация испытательных камер*

Расчет ожидаемой скорости изменения температуры и влажности воздуха в камере

2.3.3 Сушильные отделения проявочных машин кинофотоматериалов

Технологические основы обработки и сушки КФМ

Технологические схемы СКВ для сушки КФМ

Технологические требования при изготовлении рулонного фильтр-материала

2.4 Наиболее распространенные пищевые и биотехнологии, требующие специальных параметров воздушной среды

2.4.1 Камеры сушки сырокопченых колбас

Выбор параметров и расчет нестационарных нагрузок

Требования к системе кондиционирования воздуха

2.4.2 Камеры созревания сыров

Технологические требования к параметрам воздушной среды

Принципиальные решения СКВ для камер созревания сыров

2.4.3 Камеры выращивания грибов (шампиньонов, опят, сморчков и др.)

Требования к параметрам воздуха и выбор СКВ

Пример выбора и расчета СКВ для камер выращивания грибов-шампиньонов

2.4.4 Станции искусственного климата (фитотроны)

Виды и устройство станции искусственного климата

Выводы:

Выбор расчетных параметров воздушной среды в теплое и холодное время года, относящихся к исходным данным, является важнейшим предварительным этапом, предшествующим проектированию СКВ и СВ. Не менее важным является допустимое отклонение каждого из параметров как в пространстве, так и во времени. Неправильно выбранные параметры с одной стороны могут не обеспечить комфорт, а с другой привести к неоправданным перерасходам средств.

Литература

- Б.В. Баркалов, Е.Е. Карпис. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. –2-е изд., перераб. и доп. –М.: Стройиздат, 1982. – 312 с.
- Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1 /В.Н. Богословский , А.И. Пирумов, В.Н. Посохин и др.; под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. –4-е изд., перераб. и доп. –М.: Стройиздат, 1992. 319 с.
- ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
- ГОСТ 12.1.005-88 Воздух рабочей зоны
- СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. ГОССТРОЙ РОССИИ. М.: 2004
- СН 2.2.4/2.1.8.562-92 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
- А.Г.Сотников. Автономные и специальные системы кондиционирования воздуха. С-Пб, 2004

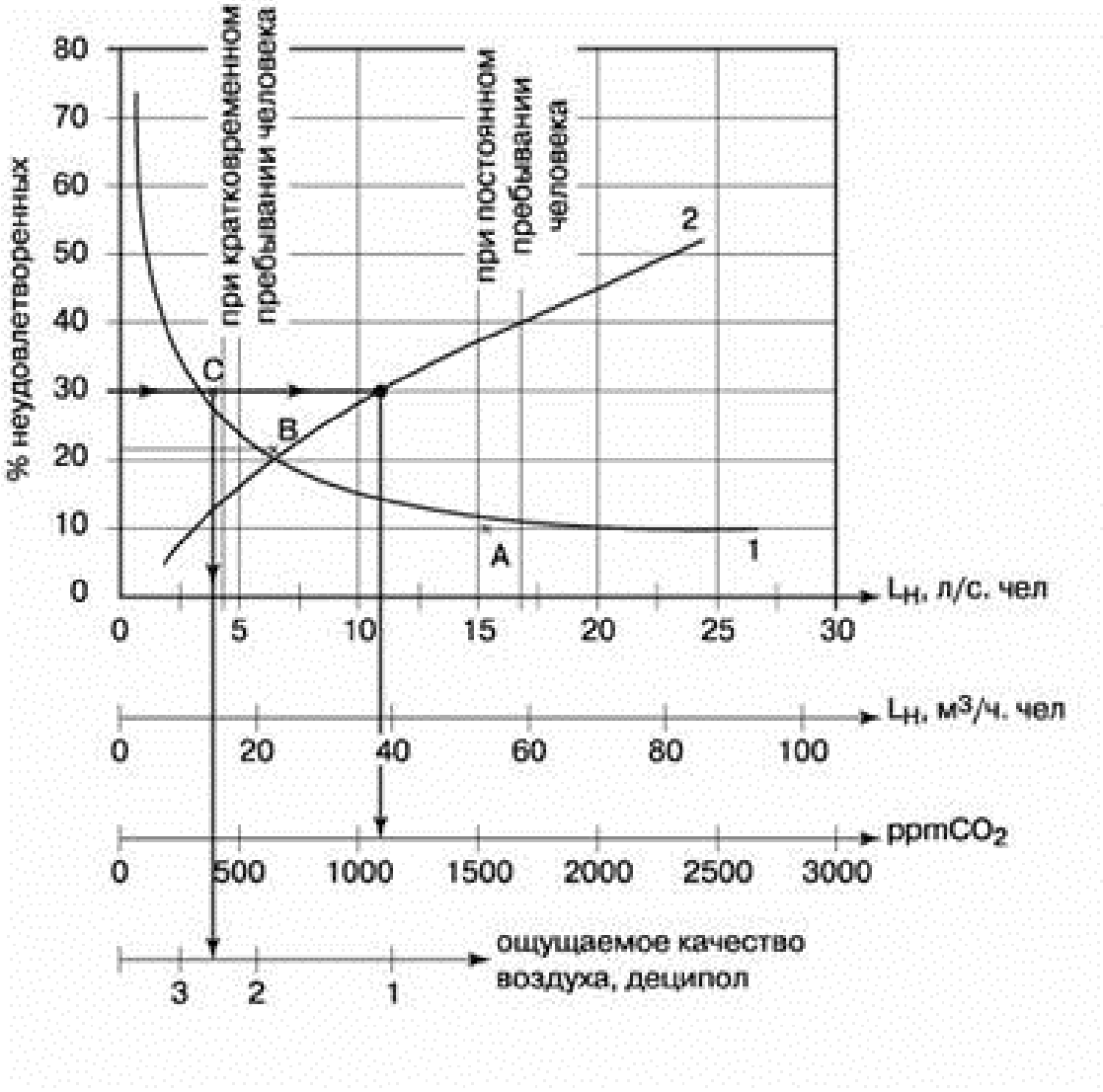

Рис. 1. Сводный график зависимости неудовлетворенности качеством воздуха (%) и показателями подачи наружного воздуха: *1* – неудовлетворенность от саннормы наружного воздуха на одну персону (олф); *2* – неудовлетворенность ощущаемым качеством воздуха от превышения концентрации CO_2 в наружном воздухе, принятое 350 *ppm* – миллионных долей (700 мг/м 3) для помещений с сидячей работой персонала; *A, B, C* – три уровня качества воздуха в дециполах (по О.Фангеру). Источник: "Качество внутреннего воздуха и его влияние на людей" Отчет №11. Руководство по требованиям к вентиляции в зданиях. Комиссия Европейского сообщества. EUR 14449 EN, 1992 (этот материал переработан автором для более наглядного представления – А.С.).

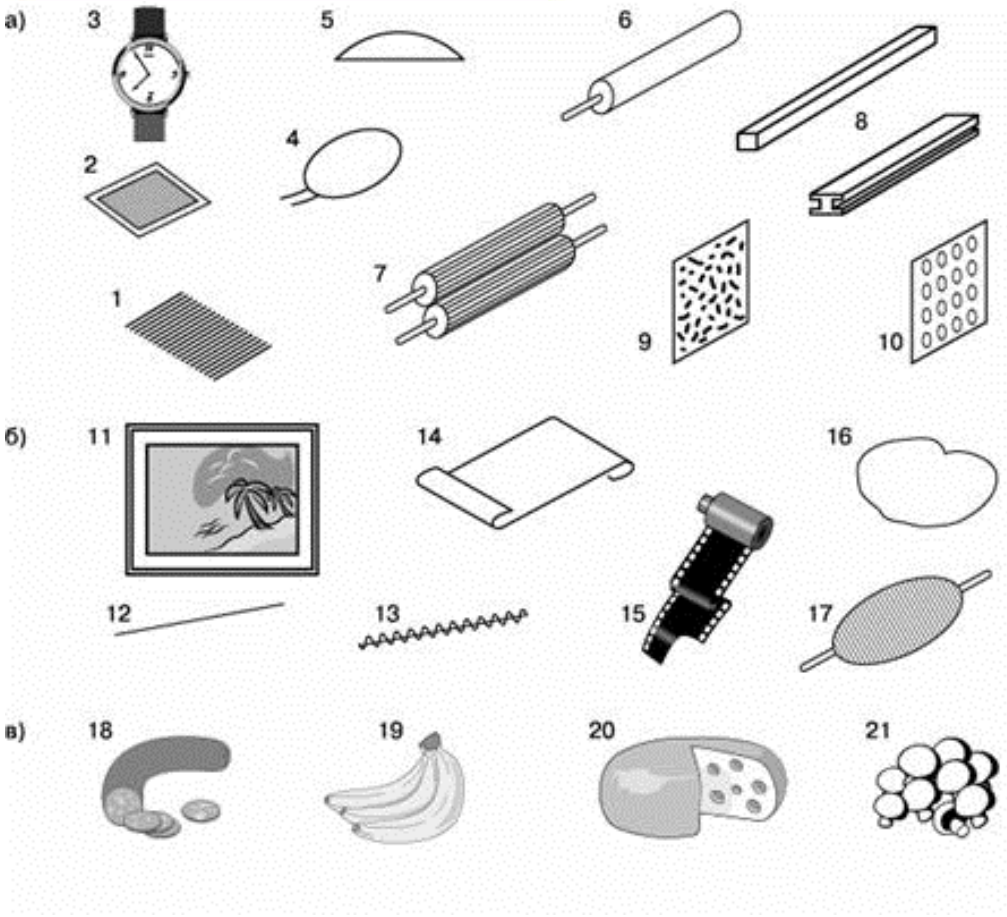

Рис. 2. Характерные объекты прецизионного кондиционирования и специальные объекты пищевой промышленности: *а* – объекты стабилизации температуры: *1* – иглы плосковязальной машины 42…56 шт/дюйм; *2* – дифракционная решетка; *3* – часы; *4* – чип, бис – большая интегральная схема; *5* – линза; *6* – вал; *7* – парные гофрвалы; *8* – делительная линейка; *9* – ТЭЗ'ы – типовые элементы замены; *10* – таблетки (твердые лекарственные средства); *б* – влагочувствительные (гигроскопические, капиллярно-пористые тела – объекты поддержания влажности (влагосодержания); *11* – картина; *12* – волокно; *13* – нить; *14* – лист бумаги; *15* – кинофотопленка; *16* – заготовка из кожи; *17* – шпуля с намотанной нитью; *в* – пищевые продукты, требующие при их производстве и хранении определенных температуры и влажности: *18* – сырокопченая колбаса; *19* – бананы; *20* – сыр; *21* – грибы (шампиньоны и др).

Рис. 3. Условная схема, объясняющая возможные связи параметров воздушной среды с технологическим процессом.

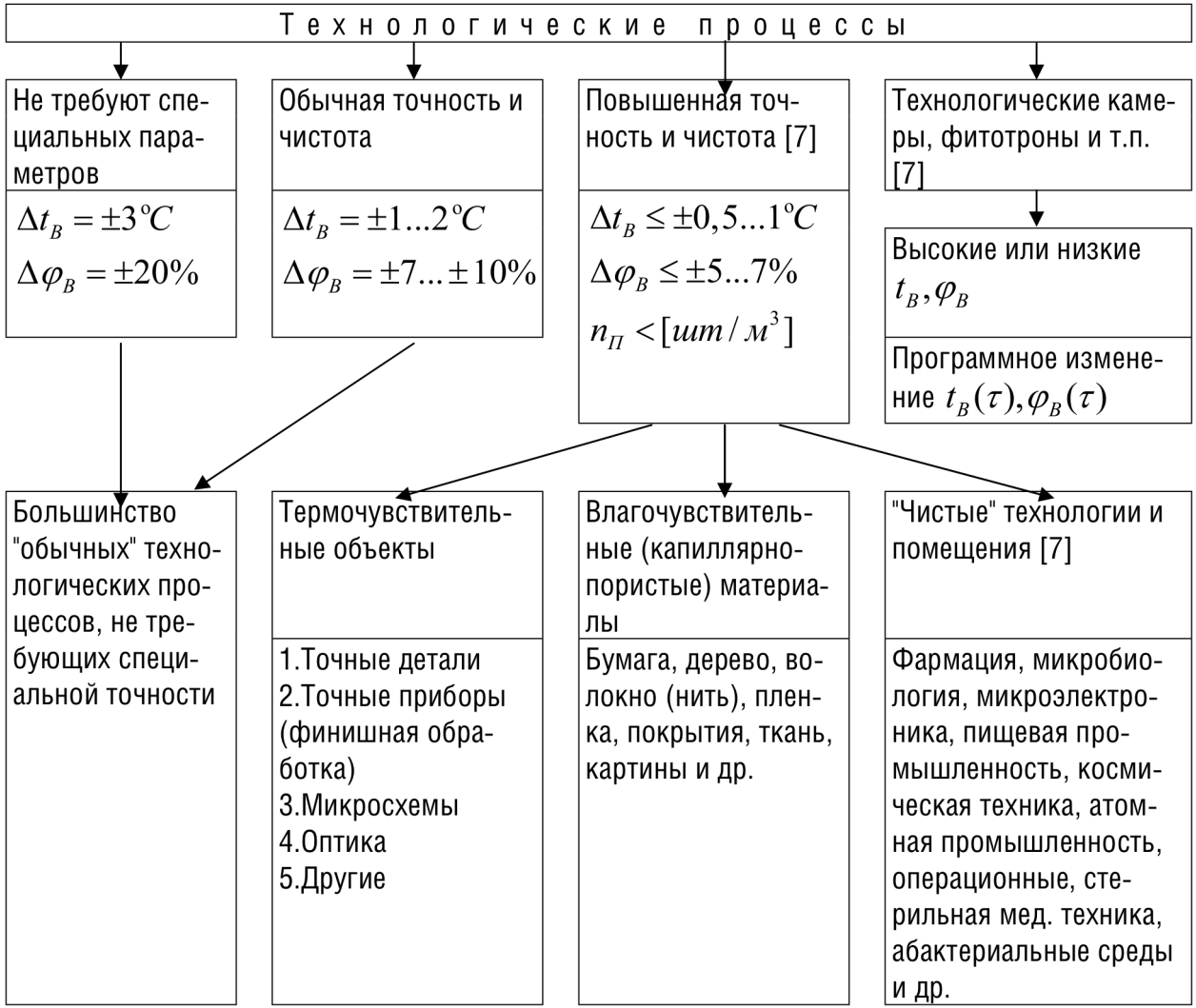

Рис. 3. Условная схема, объясняющая возможные связи параметров воздушной среды с технологическим процессом.