Краткий контрольно-информационный иллюстрированный вопросник для инженеров-проектировщиков ОВК

Из огромного числа теоретических и инженерно-практических вопросов и задач автор с трудом отобрал лишь некоторые (71), наиболее важные для понимания и успешной профессиональной работы инженера. Аттестацию инженера на основе подобного вопросника рекомендую проводить по трехбальной системе. При интересе к подобным задачам данный вопросник может быть расширен и включены другие темы. В основе его использованы книги автора, их оглавление вы найдете на сайте компании «Проект Оптимум».

Разработал проф. А.Г. Сотников, 06.2014

ТЕМА «О» (общие сведения об СКВ и СВ)

1. Объясните системно, почему отличаются технические решения, технологические схемы и удельные расходы теплоты и холода в: *а* – системе вентиляции, *б* – комфортной СКВ, *в* – прецизионной технологической СКВ для изготовления сложной и дорогостоящей продукции (оптика, микроэлектроника, точное машиностроение), хотя пункт проектирования один и тот же? Если вопрос для вас труден, посмотрите на рис.1.

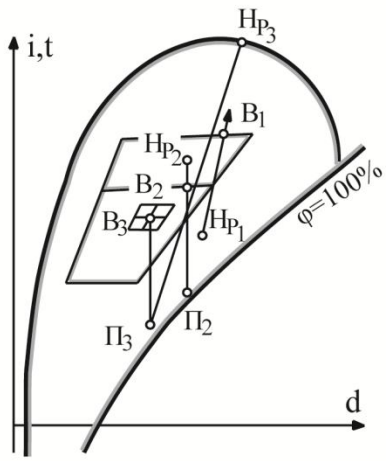

Рис.1. Взаимное положение в i–d диаграмме влажного воздуха расчетных состояний наружного (Н) и внутреннего (В) воздуха в системах вентиляции (1), комфортного кондиционирования воздуха (2) и технологического кондиционирования воздуха при повышенных требованиях к точности поддержания параметров в производственном помещении (3)

2. Чем вы объясните почти многократное различие санитарной нормы наружного воздуха для человека в жилом здании и в салоне самолета.
3. Назовите главные требования к СКВ: *а* – инвестора, *б* – эксплуатационника, *в* – пользователя (жителя), *г* – проектировщика.

4. Назовите характерные объекты, в которых среди требований к СКВ на первом месте оказываются: *а* – акустические, *б* – требования дизайна, *в* – требования точности поддержания параметров, *г* – требования чистоты воздушной среды, *д* – минимальные расходы теплоты и электроэнергии.

ТЕМА «М» (микроклимат помещения, его оценка и нормирование)

1. Перечислите основные требования, предъявляемые к современным СКВ и СВ.
2. Назовите параметры, применяемые для оценки теплового состояния группы испытуемых и объясните их смысл (clo, met, PPD, PMV-рис.2.).
3. Известны ли вам современные международный и отечественный стандарты для оценки комфортности микроклимата жилых и общественных зданий?

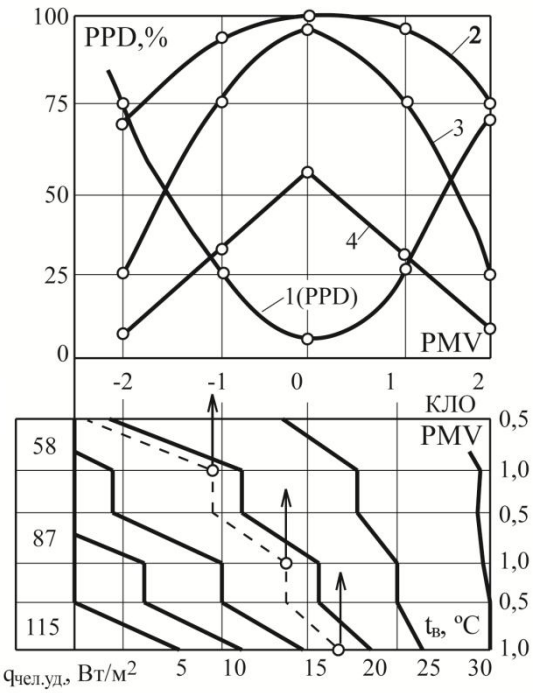

Рис. 2. Современные зависимости для оценки восприятия человеком качества воздушной среды помещений по ЕН ИСО 7730:2006:
а – зависимость числа неудовлетворенных качеством воздуха, PPD (%), от индивидуальных тепловых ощущений по шкале PMV.
1 – зависимость PPD от PMV; *2* – зависимость процента испытуемых, оценивающих данное PMV как «слегка холодно» или «слегка жарко»; *3* – зависимость процента испытуемых, оценивающих данное PMV как «прохладно» или «тепло»; *4* – зависимость процента испытуемых, оценивающих данное PMV как «не хуже, чем комфортное»;
б – зависимость показателя теплоощущений человека PMV от категории физической работы, иначе – удельных тепловыделений человека, Вт/м^2 поверхности тела (58 Вт/м^2 – легкая работа в учреждении, 87 Вт/м^2 – физическая работа средней тяжести, 116 Вт/м^2 – тяжелая физическая работа), термического сопротивления одежды (1 кло = 0,155 (м^2·°С)/Вт – служебная одежда, 0,5 кло = 0,078 (м^2·°С)/Вт – легкая летняя одежда) и температуры внутреннего воздуха $t_в$ = 5…30 °С.

Ключ: при работе средней тяжести $q_{чел.уд}$ = 87 Вт/м^2, площади поверхности тела $F_{чел}$ = 1,8 м^2 тепловыделения $q_{чел}$ = 1,8·87 = 158 Вт, служебной одежде термическим сопротивлением 1 кло = 0,155 (м^2·°С)/Вт, оптимальной температуре $t_в \approx 20$ °С соответствует показатель теплоощущений PMV = 0, процент неудовлетворенных PPD = 5 %, это состояние оценивают как «слегка холодно» или «слегка жарко» 100 % испытуемых

4. Поясните на примере, как повысить эффективность систем микроклимата при выборе сочетания «температура-скорость воздуха» с использованием PMV-модели?

5. В чем дискуссионность (спорность) вопроса применения ароматизации воздуха в России? Японский опыт – см. АВОК, 2007, №1.
6. Когда (при каких работах, кроме повара, - назвать) применяют воздушное душирование рабочего места?
7. Совпадает ли оптимальная температура воздуха для излишне полного человека и худощавого? Для кого из них выше? Как это доказать, используя ЕН ИСО 7730:2006 (рис.2.)?
8. Почему гигиенисты разделяют тепловые и химические воздействия окружающей среды на человека?

ТЕМА «Т» (состояние влажного воздуха)

1. Запишите значками все известные Вам параметры состояния влажного воздуха. Выделите (подчеркните) абсолютные простые (_), сложные (═), относительные (~~) и легко измеряемые (‾‾) параметры состояния.
2. Воздух имеет t =-45 °С. Назовите его энтальпию, не пользуясь диаграммной или таблицей. Ответ объясните формулой для энтальпии влажного воздуха.
3. Могут ли быть равны три температуры воздуха $t_с$, $t_м$, $t_р$? В каком случае? Какое техническое приложение имеет такое состояние воздуха?
4. Воздух имеет $t_в$ = 20 °С, $\varphi_в$ = 50 %. Капля, летящая в воздухе, имеет t_w = 20 °С. Будет ли меняться ее температура? Если да, то почему? Какую температуру достигнет капля? Что будет потом?
5. Могут ли во влажном воздухе одновременно присутствовать водяной пар, вода и кристаллики льда? В каком случае?
6. Возможно ли разные «сложные» процессы тепловлажностной обработки воздуха: изоэнтальпийное увлажнение, увлажнение-нагревание и охлаждение-осушение теоретически проводить в одном аппарате? Можно ли использовать для этого насадочный увлажнитель? Пленочно-щелевой? Камеру орошения? Объясните почему?

ТЕМА «ОТ» (подсистема отопления здания)

1. Являются ли фактически наблюдаемые теплопотери зданий линейной функцией температуры наружного воздуха? Да, нет, почему?
2. Объясните отличие понятий «быстрых» и «медленных» теплопотерь помещения и как они влияют на работу системы отопления?
3. Объясните, что такое эквивалентная температура наружного воздуха для расчета теплопотерь при негерметичных светопроемах?
4. Назовите, от чего зависит инерционность ограждений помещения в задаче управления его отоплением?
5. Перечислите комплекс требований к наружным ограждениям здания, используя СНиП 23-02-2003?
6. Как правильно расположить слой утеплителя в конструкции наружной стены для исключения конденсации влаги в ограждении? С наружной или внутренней стороны?
7. Как приближенно определить удельный расход теплоты зданием на основе его удельной отопительной характеристики, Вт/(м^3°С)?

8. Что можно назвать оптимальным температурным графиком управления системой отопления здания?
9. При каком виде системы отопления вся теплота поступает в помещение только конвективным путем?

ТЕМА «Н» (подсистема нагревания воздуха)

1. Сравните нагреватели первого и второго подогрева по условиям работы и температурным режимам воздуха и теплоносителя.
2. Назовите, какую из четырех приведенных ниже температур определяли из опыта: $t_{w\text{см}}$=70 °С, $t_{w\text{к}}$=50 °С, $t_{\text{н}}$=–25 °С, $t_{\text{к}}$=23 °С.
3. Как вы понимаете термин «запас теплоотдачи» аппарата? Свяжите ваш ответ с положением плунжера водяного регулирующего клапана.
4. Для двух одинаковых воздухонагревателей, последовательно установленных по воздуху и параллельно соединенных по воде эффективность нагревания $\theta_{\text{в}}$=0,40. Какова эффективность одного из аппаратов, используйте формулу $\theta_{\text{в}1}=1-(1-\theta_{\text{в}})^{0,5}$.
5. Назовите основную физическую причину, приводящую к замерзанию воды в трубках аппарата? Определите режим течения воды и Re в трубке при $d=10^{-2}$ м, v=0,2 м/с, $\nu=1,6\cdot10^{-6}$ м^2/с. Сделайте вывод о режиме движения воды в трубке аппарата, сравнив вычисленное Re с критическим $\text{Re}_{\text{крит}}$=2300.
6. Как вы можете объяснить факты срабатывания аварийной защиты даже при насосной схеме узла нагревания с подмешиванием и большой скорости воды в трубках?
7. Оцените расчетом возможность срабатывания аварийной защиты при $t_{\text{н}}$=–5 °С, $t_{w\text{н}}$=70 °С, $t_{w\text{см}}$=23 °С, $t_{w\text{к}}$=18 °С, S>0,7 и определите положение логарифмического плунжера водяного регулирующего клапана по рис. 3.

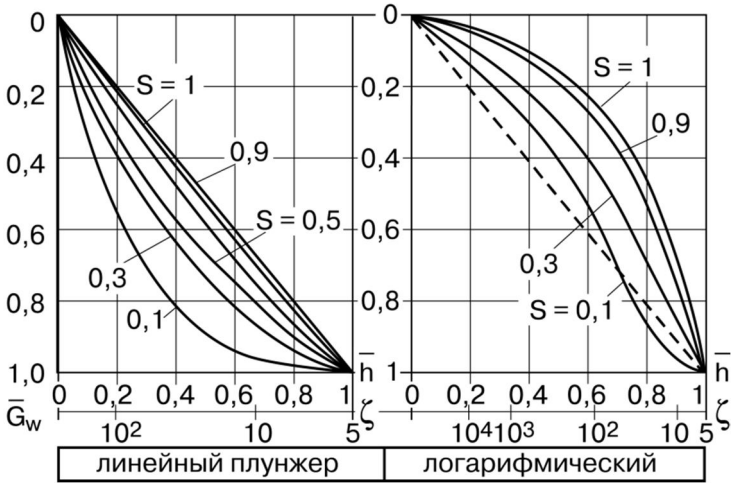

Рис.3. Зависимость относительного расхода внешней (подающей) воды через клапан $\bar{G}_w$ от типа трехходового водяного регулирующего клапана и относительного положения его плунжера $\bar{h}$.

8. Предложите, где правильно расположить для автоматической защиты аппарата температурные датчики по воздуху и воде и почему именно так?
9. Объясните, в чем особенности гидравлического расчета рассольных схем СТХС по сравнению с расчетом водяных схем?

ТЕМА «У» (подсистема утилизации теплоты и холода)

1. Назовите основные типы аппаратов и режимы, в которых может работать утилизатор теплоты и холода в течение года (рис. 4).

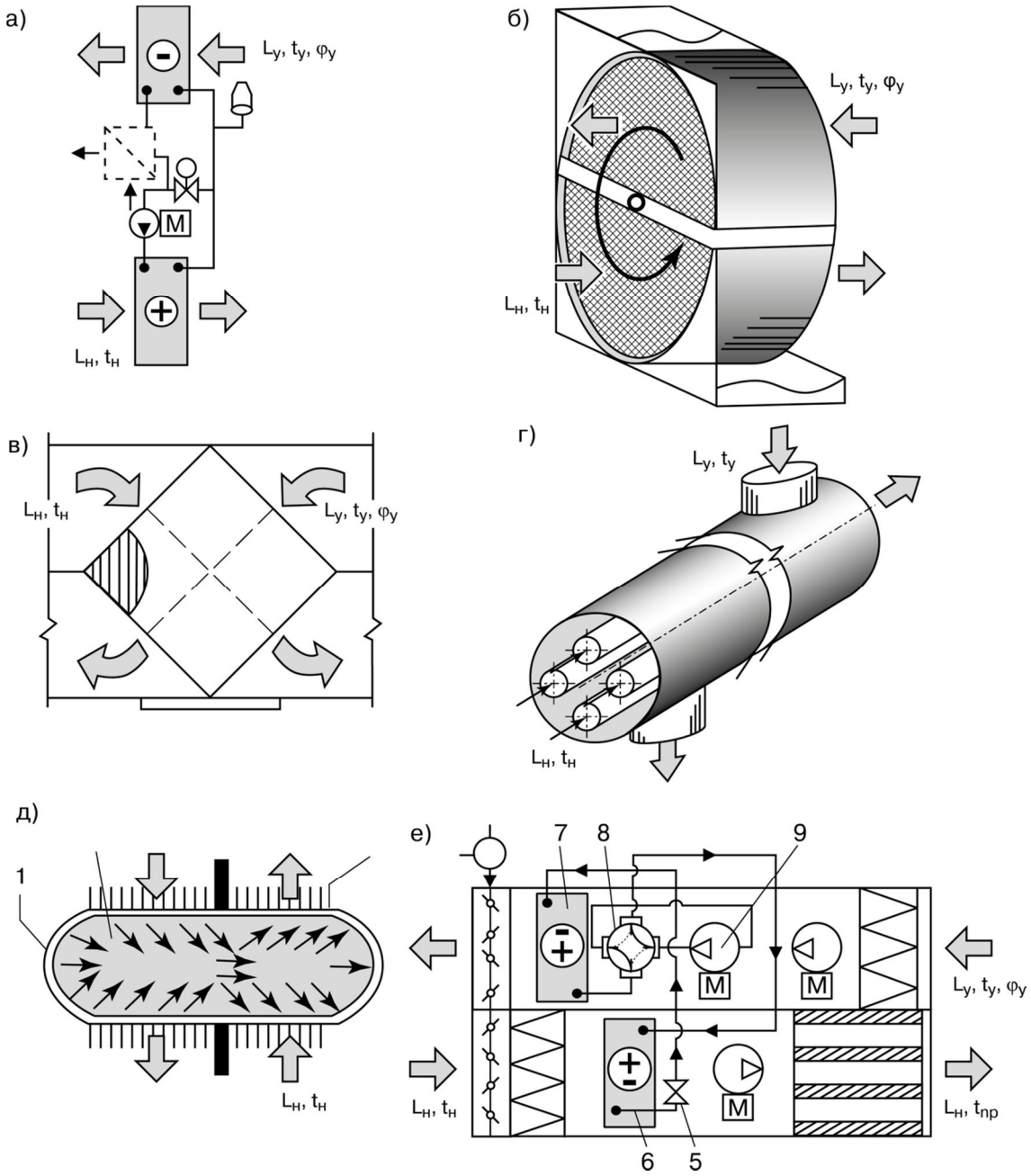

Рис.4. Вид-схема основных типов утилизаторов теплоты и холода удаляемого воздуха в СКВ и СВ:

а – теплоутилизатор с промежуточным теплоносителем;

б – вращающийся регенеративный теплоутилизатор;

в – пластинчатый рекуперативный теплоутилизатор (воздух-воздух), штриховкой показан т.н. "холодный" угол;

г – рекуперативный теплоутилизатор кожухотрубного типа "воздух-воздух";

д – тепловая трубка: *1* – корпус, *2* – рабочее вещество, *3* – разделительная перегородка, *4* – оребрение;

е – тепловой насос (холодильная машина) в составе приточно-вытяжной вентиляционной установки: *5* – терморегулирующий вентиль (ТРВ), *6* – конденсатор холодильной

машины, работающей в режиме теплового насоса, *7* – испаритель холодильной машины, работающий в режиме теплового насоса, *8* – четырехходовой переключающий вентиль, *9* – компрессор холодильной машины

2. Существует ли по-вашему мнению оптимальная эффективность теплоутилизатора конкретного типа, одновременно учитывающая как его поверхность контакта, эффективность, стоимость, аэродинамическое сопротивление, так и стоимость утилизируемой теплоты?
3. Назовите возможные способы управления, т.е. снижения теплопроизводительности утилизаторов разных типов.
4. Объясните, как выбирается конструкция по условиям входа и выхода воздуха в пластинчатом ТУ с учетом наличия в нем т.н. «холодного» угла.
5. Одинаковы ли условия обмерзания поверхности в пластинчатых и роторных ТУ в зависимости от влажности удаляемого воздуха $\varphi_у$.
6. Как объяснить применение увлажнения удаляемого из помещения воздуха при использовании утилизаторов холода?

ТЕМА «УВЛ» (подсистема увлажнения воздуха в СКВ и СВ)

1. Какой процесс называют увлажнением воздуха?
2. Назовите основные виды увлажнителей СКВ и опишите их характеристики (рис. 5).

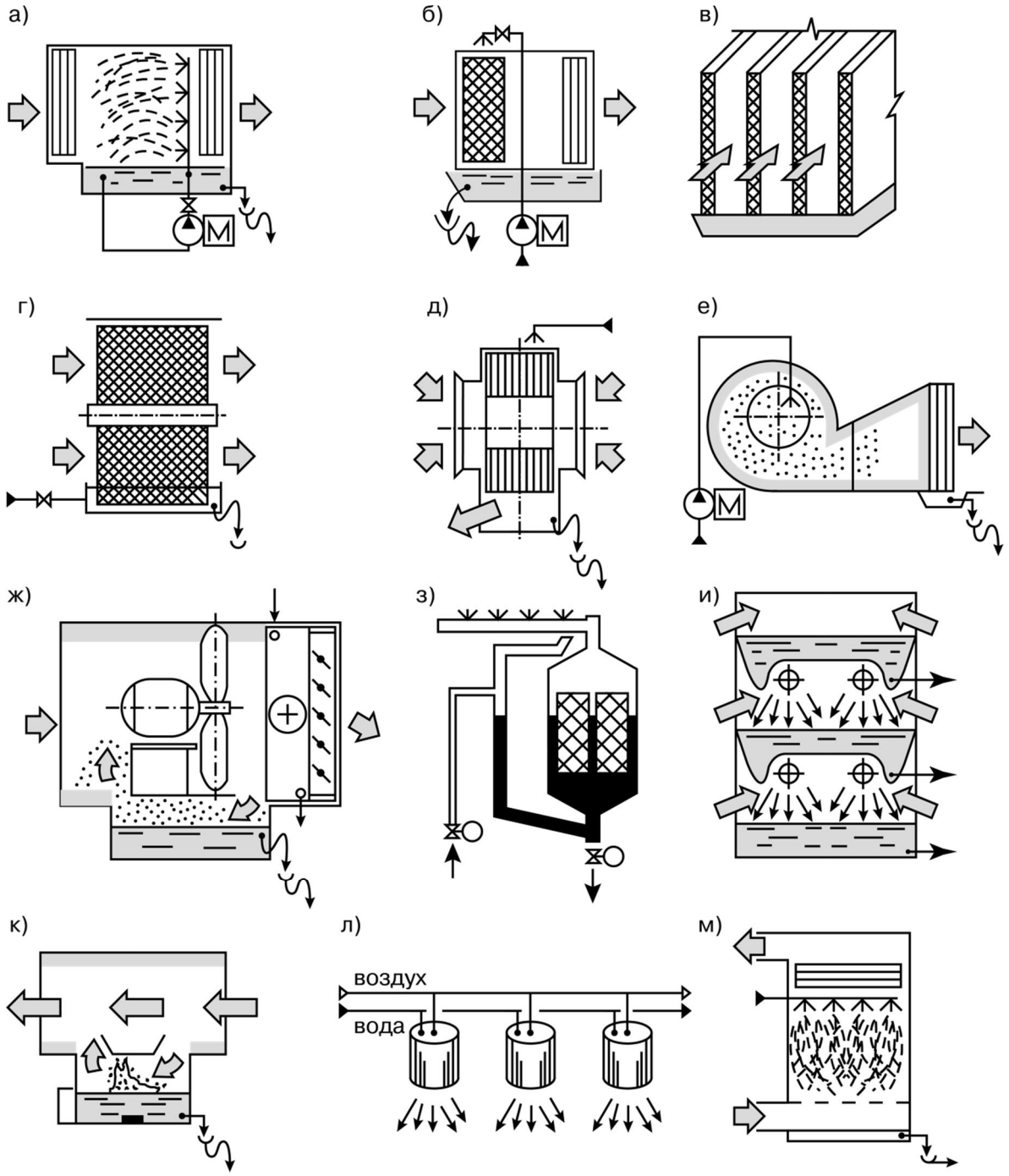

Рис. 5. Основные типы устройств для увлажнения воздуха в системах кондиционирования и вентиляции: *а* – оросительная (форсуночная) камера; *б* – насадочный увлажнитель; *в* – пленочный щелевой увлажнитель; *г* – роторный увлажнитель; *д* – дисковый вентилятор-увлажнитель; *е* – вентиляторный увлажнитель; *ж* – бесфорсуночный увлажнитель воздуха в составе отопительно-вентиляционного агрегата; *з* – паровой увлажнитель воздуха на основе парогенератора; *и* – терморадиационный увлажнитель воздуха для автономных кондиционеров; *к* – ультразвуковой увлажнитель воздуха; *л* – пневмоувлажнение на основе форсунок пневматического распыления воды; *м* – пенный (барботажный) увлажнитель воздуха.

3. Сравните по основным характеристикам увлажнение воздуха водой с помощью форсуночных, насадочных и пневмоувлажнителей.

4. Назовите основные способы организации поверхности контакта воздуха и воды в увлажнителях разных типов и их характеристики.
5. Каковы специальные требования к качеству воды в насадочных увлажнителях.

ТЕМА «О-О» (подсистема охлаждения-осушения воздуха)

1. Назовите сравнительные особенности хладоносителей (вода, рассол) и хладонов.
2. Назовите основные отличия подсистем нагревания и охлаждения-осушения воздуха.
3. Объясните, как определить необходимый объем бака-аккумулятора холода в центральной СХС СКВ.
4. Почему при расчете процесса охлаждения-осушения воздуха используют разность энтальпий? Когда можно использовать разность температур?
5.Почему при расчете процесс охлаждения-осушения заменяют условным, но эквивалентным процессом «сухого» охлаждения? (Рис.6).

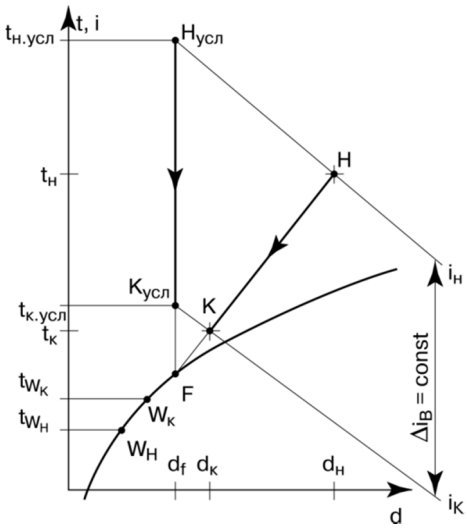

Рис.6. Графическая интерпретация замены действительного процесса охлаждения-осушения НК эквивалентным по эффективности условным процессом "сухого" охлаждения при одинаковом $\Delta i_в$ и $Q_х$.

5. Объясните известные способы управления процессом охлаждения-осушения воздуха в аппарате и их особенности.
6. Можно ли «остановить» процесс охлаждения-осушения воздуха при невысокой конечной его влажности? Как это сделать?

ТЕМА «АК» (автономные кондиционеры)

1. Предложите классификацию АК по основным признакам.
2. Перечислите основные особенности процессов и оборудования АК.
3. Может ли быть крупный центральный кондиционер автономным?
4. Как можно изменить амплитуду колебания температуры в помещении при циклической работе АК?
5. Как выбрать типоразмер АК одновременно по воздухо- и холодопроизводительности на основе обобщенной характеристики (рис. 7)?

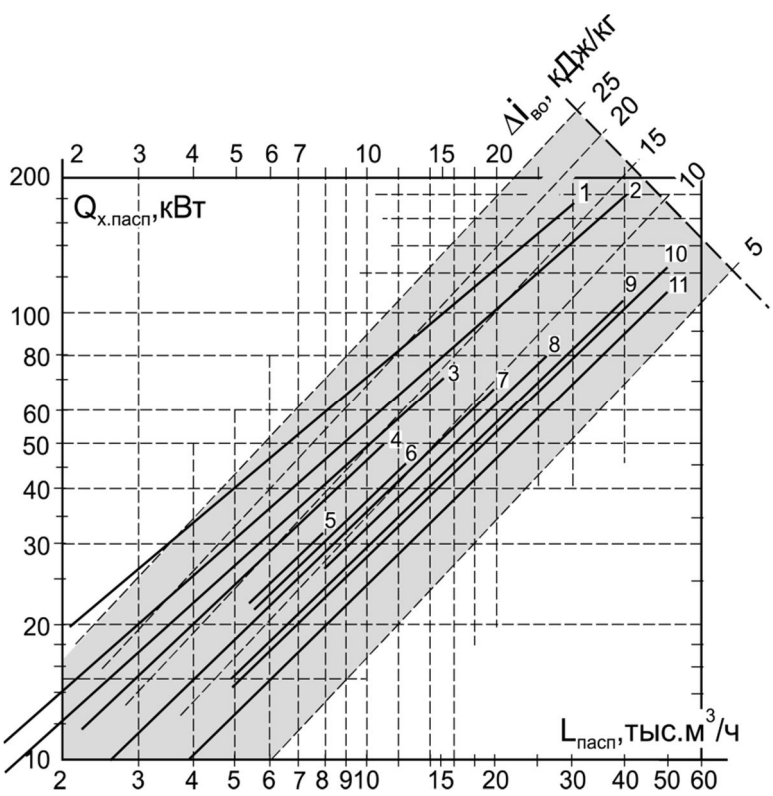

Рис. 7. Сводный график обобщенных паспортных характеристик $Q_{х.пасп}$–$L_{пасп}$ крупных автономных кондиционеров ведущих производителей: *1* – кондиционеры *W ATE* (Германия); *2* – кондиционеры *US* Дайкин (Япония); *3* – кондиционеры *CEB Bako ABB – Fläkt* (Швеция), *4* – кондиционеры КПА-1 – ДМЗ (Россия); *5,6* – кондиционеры С2 и С1 *ATE* (Германия); *7* – кондиционеры моделей 215-300 *ATE* (Германия); *8* – кондиционеры *WS Daikin* (Япония); *9,10* – кондиционеры *CCM* и *MS* и *STULZ* (Германия); *11* – кондиционеры *Raumklima* (Австрия). Пунктир– изолинии равных значений $\Delta i_в$=5, 10, 15, 20 и 25 кДж/кг.

6. Как объяснить, что при работе прецизионного АК колебания температуры и влажности воздуха в помещении значительны?

ТЕМА «Ф» (фильтрация воздуха в СКВ и СВ)

1. Какие задачи решает подсистема очистки наружного и рециркуляционного воздуха в СКВ?
2. Что такое MPPS и как эта величина учитывается в расчете процесса очистки в ЧП?
3. Сколько классов фильтров и их групп по ГОСТ Р51251-99 вам известно?

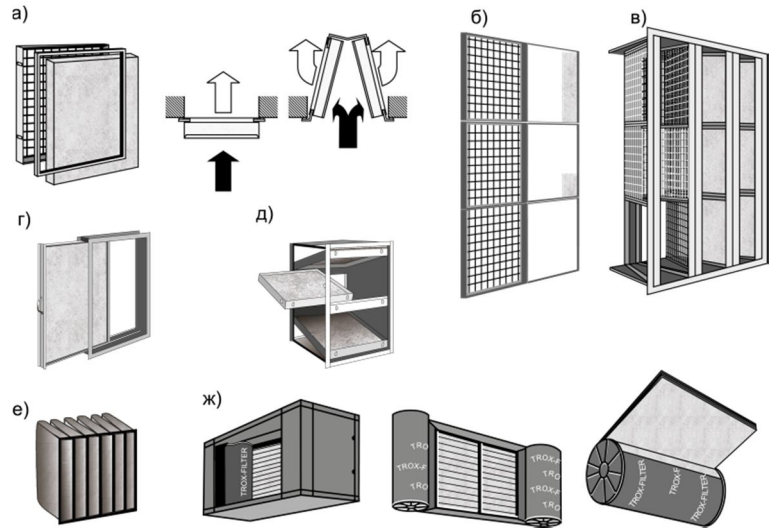

Рис. 8. Основные типы и конструкции фильтров, применяемых для очистки наружного, рециркуляционного и приточного воздуха от атмосферных аэрозолей в системах кондиционирования воздуха и приточной вентиляции: *а* – ячеистый фильтр и его установка (плоский и клиновидный вариант); *б* – плоский (поверхностный) фильтр; *в* – клиновидный фильтр; *г* – выдвижной канальный фильтр; *д* – выдвижной ячейковый фильтр; *е* – мешочный (карманный) фильтр; *ж* – фильтры со сматываемым материалом.

4. Как связан по ГОСТ Р ЕН 133779-2007 выбор класса фильтра с качеством наружного и внутреннего воздуха (рис.9)?

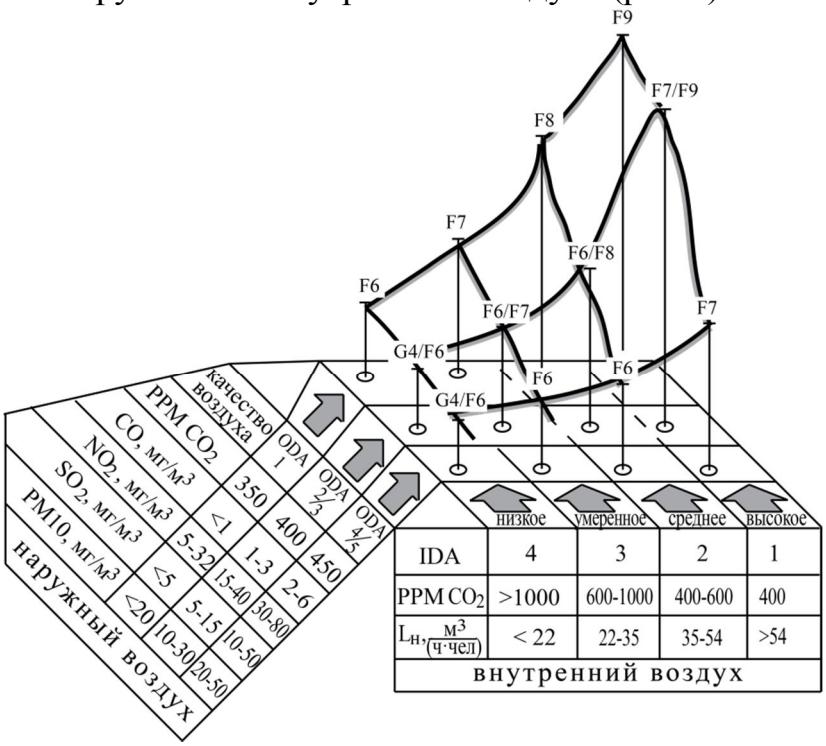

Рис. 9. Комплексная сравнительная оценка нормируемого качества наружного (ODA1-ODA5) воздуха в городах и сельской местности и качества внутреннего воздуха (IDA1 – IDA4) по ГОСТ, рекомендуемые типы фильтров в зависимости от сочетания качества наружного и внутреннего воздуха (PM10 – концентрация твердых частиц размером 10 мкм и более в наружном воздухе, мг/м^3)

5. Почему производство фильтротканей значительно больше, чем выпуск фильтров?
6. Назовите и объясните основные технические характеристики фильтров.
7. Поясните, как выбрать финишный фильтр для «чистого» помещения?
8. Как соотносятся средние коэффициенты проскока «смежных» фильтров, например H12 и H13, U15 и U16?
9. Известно, что для фильтра G5 средний коэффициент очистки E_A=0,45, а для фильтра F8 — E_A=0,9 (рис. 10). Какой вывод вы сделаете из сравнения этих цифр?

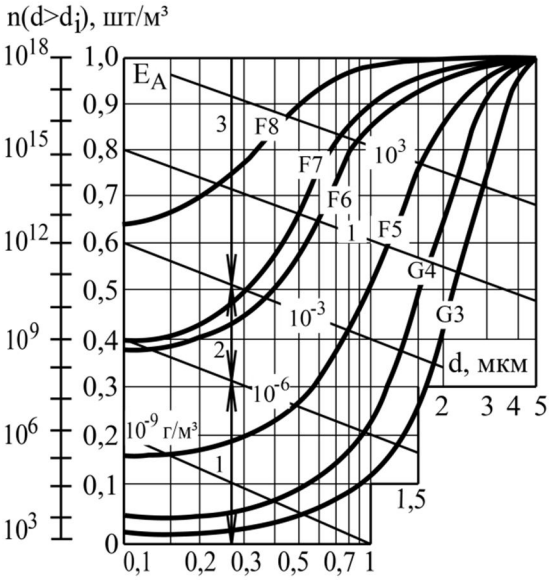

Рис. 10. Исходные данные для выбора системы очистки наружного воздуха – дисперсная структура атмосферной пыли с размерами частиц более 0,1 мкм и дифференциальные коэффициенты очистки фильтров G3, G4, F5…F8 по атмосферной пыли. *1* – ультрачистый воздух, *2* – атмосферный воздух, *3* – запыленный воздух

10. Как вычислить время работы фильтра предварительной очистки при заданных удельной пылеемкости m (г/м^2), $F_ф$ (м^2), $L_н$ (м^3/ч), $c_н$ (мг/м^3) и E_A (безразм.)? Предложите формулу.

ТЕМА «В-В» (воздуховоды и вентиляторы, подсистема транспортировки воздуха)

1. Существует ли оптимальный радиус действия приточной и вытяжной сети?
2. Опишите возможные конструкции для равномерного выпуска воздуха на большой длине помещения.
3. Назовите систему ограничений, учитываемую при выборе скорости воздуха.
4. Перечислите основные типы и классификацию вентиляторов.
5. Назовите основные способы управления производительностью вентиляторной установки.
6. Что означает крайняя правая точка на характеристике вентилятора?

ТЕМА «ВР» (воздухораспределение в помещении)

1. Выберите тип приточных струй в зависимости от ее расчетной длины при равном эффекте воздействия на человека (рис.11).

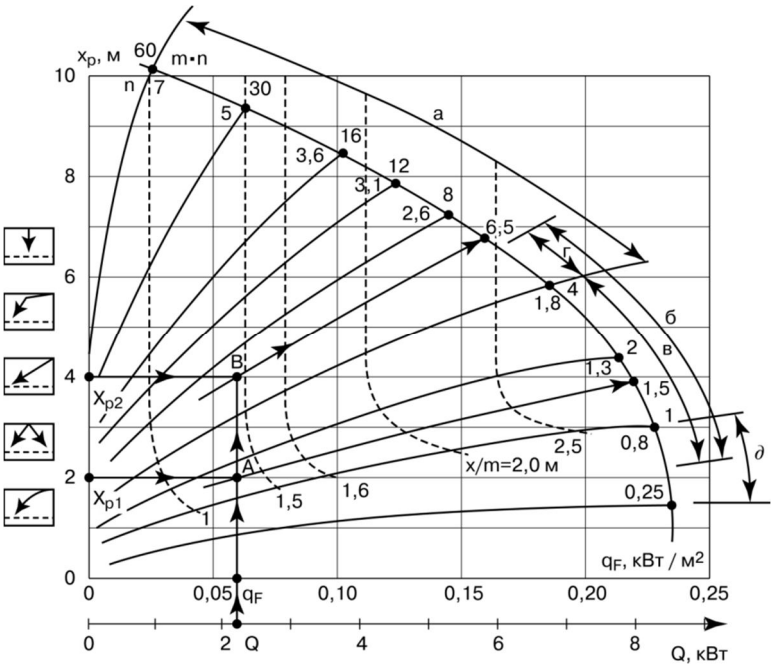

Рис. 11. Номограмма для выбора типа струи по комплексу ($m \cdot n$) и ее расчетной длины x_p в зависимости от общих Q (кВт) или удельных теплоизбытков помещения q_F (кВт/м^2) при площади помещения, обслуживаемой одним ВРУ F_{n1}=6×6=36 м^2. Условия расчета: k_t=1; k_c=1; k_H=1; $v_{x.max} \cdot \Delta t_{x.max}$=0,6 м·^{0}С/с. Обозначения видов струй: *а* – осесимметричные, *б* – плоские, *в* – веерные, *г* – конические, *д* – закрученные.

2. Назовите и опишите основные способы вентиляции помещения и распределения приточного воздуха.
3. Объясните, что такое коэффициент воздухообмена k_t и как его определяют?
4. Объясните, что такое вытесняющая вентиляция, какие у нее особенности (k_t, $\Delta t_р$) и принципы расчета?
5. Предложите систему воздухораспределения в высоком производственном помещении, требующую минимальных приточных воздуховодов.

6. Объясните, как определить максимально допустимую разность температур для данного помещения и типа распределителя?