

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ҚИШЛОҚ ВА СУВ ХЎЖАЛИГИ
ВАЗИРЛИГИ**

ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ ИНСТИТУТИ

“Гидромелиорация ишларини механизациялаш” кафедраси

“ИССИҚЛИК ТЕХНИКАСИ”

ФАНИДАН

“НАМ ҲАВО ХУСУСИЯТЛАРИНИ ЎРГАНИШ”

ТАЖРИБА ИШИ БЎЙИЧА

МЕТОДИК ҚЎЛЛАНМА

Тошкент 2007

йил 26 апрелда бўлиб ўтган 7- сонли мажлисида кўриб чиқилди ва чоп этишга тавсия этилди.

Ушбу методик қўлланмада “Иссиқлик техникаси” фани бўйича нам ҳаво хусусиятларини ўрганиш, параметрларини ҳисоблаш, психрометр ўлчов асбоби ва Hd –диаграммда нам ҳаво параметрларини топиш ҳақида асосий тушунчалар, психрометрнинг ишлаш тартибларини текшириш учун тажриба ўтказиш услублари келтирилган. Тажриба натижаларини ҳисоблашда нам ҳавонинг (H-d) диаграммасидан фойдаланиланиш ёритилган бўлиб, “Сув хўжалиги ва мелиорация ишларини механизациялаш”, “Электроэнергетика”, “Қишлоқ хўжалигини механизациялаш”, “Автоматика ва бошқарув”, “Ҳаётий фаолият хавфсизлиги”, “Сув хўжалиги техникаларидан фойдаланиш” таълим йўналишлари талабаларига мўлжалланган. Қўлланмадан магистрлар, соҳа мутахассислари ҳам фойдаланишлари мумкин.

Тузувчи : Б.П.Шаймарданов

Тақризчилар: Э.Т.Фармонов – Тошкент Давлат Аграр Университети доценти
М.Т.Халилов– Тошкент Давлат Техника Университети доценти

Ишнинг мақсади. Нам ҳаво хусусиятларини ўрганишдан мақсад - қишлоқ ва сув хўжалиги иншоотларида, биноларида, иссиқлик ва энергетик машиналари ишлаш жараёнларига нам ҳаво таркибидаги сув буғи ва иссиқлик миқдорлари таъсири, уларнинг параметрларини ҳисоблаш, психрометр, гигрометр ва анемометр ўлчов асбоблари ёрдамида нам ҳавонинг H_d –диаграммадаги параметрларини топиш, ҳисоблаш тартибларини билиш ҳақида асосий тушунчалар, психрометр (ҳароратлар фарқини ўлчаш), гигрометр (намликни ўлчаш) ва анемометр (ҳаво сарфини ўлчаш) асбобларининг тузилишини ўрганиш, ишлаш тартибларини текшириш, фойдаланиш кўрсаткичларини аниқлаш ва талабаларнинг нам ҳаво ҳақидаги тасавурини мустаҳкамлашдан иборат.

Тажриба иши бўйича қилинадиган ишлар

1. Нам ҳавонинг хусусиятлари, уларни ҳисоблаш усуллари, параметрларни H_d –диаграмма ёрдамида аниқлашни ўрганиш.
2. Психрометр, гигрометр ва анемометр асбобларини тузилиши, ишлаши, ўлчанадиган параметрлар, ундан фойдаланишнинг асосий кўрсаткичларини аниқлаш.
3. Психрометрнинг иш жараёнини H_d – диаграммада тасвирлаш.
4. Тажриба ишидан олинган кўрсаткичлар асосида ҳисобот тайёрлаш.

Умумий маълумот

Табиатда одатда ҳар доим ҳаво таркибида маълум миқдорда сув буғи мавжуд бўлиб, қуруқ ҳаво билан сув буғидан ташкил топган аралашма **нам ҳаво дейилади.**

Амалиёт учун атмосфера ҳавоси босимидаги (ёки унга яқинлашган) нам ҳаво эътиборга ҳавола бўлиб, унинг ҳарорати унчалик паст бўлмаган ҳолларда (0-10 °C) қизиқарли. Ҳаво таркибидаги сув буғини парциал (хусусий) босими унчалик катта эмас – бир неча ўн миллиметр симоб устунига тенг. Шу сабабли техникавий ҳисоблар учун етарли даражада аниқлик билан нам ҳаво ва сув буғи учун идеал (келтирилган) газлар тенгламасини қўллаш мумкин, идеал газ

тенгламаси $pV = MRT$, ҳамда Дальтон қонуни - $p = \sum_{i=1}^n p_i$.

Дальтон қонунига биноан аралашманинг ҳар бир компоненти (ташкил этувчиси) ўзини алоҳида ҳис қилади ва аралашманинг берилган ҳароратида тўлиқ ҳажми эгаллайди:

$$V_{к.х.} = V_{с.б.} = V \quad (1) \quad T_{к.х.} = T_{с.б.} = T \quad (2)$$

V, T – аралашма яъни нам ҳавонинг ҳажми ва ҳарорати;

$V_{к.х.}, T_{к.х.}, V_{с.б.}, T_{с.б.}$ – қуруқ ҳаво(қ.х.) ва сув буғи(с.б.)нинг ҳажмлари ва ҳароратлари.

Ҳар бир компонент ўзининг парциал босимига эга бўлиб, уларнинг йиғиндиси аралашма босимига тенг, яъни берилган ҳолат учун нам ҳавонинг босими B гатенг (у барометрик босим сифатида қаралади):

$$B = p_{к.х.} + p_{с.б.} \quad (3)$$

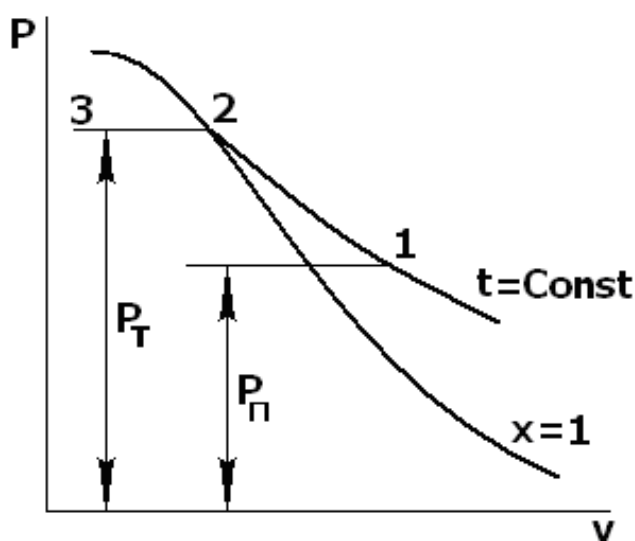
$p_{к.х.}, p_{с.б.}$ - қуруқ ҳаво ва сув буғининг парциал босимлари.

Ҳаво таркибида қанча кўп сув буғи бўлса, аралашмада унинг шунчалик парциал босими юқори бўлади.

Нам ҳаво таркибидаги сув буғининг парциал босими ($p_б$) берилган ҳарорат учун тўйинган буғ босими ($p_т$)дан юқори бўлолмайди (ва ундаги буғ миқдори ҳам), яъни

$$p_б \leq p_т, \quad (4)$$

Бу сув буғининг pV –диаграммасида яққол тасвирланади (расм 1).



Расм 1. Сув буғининг pV –диаграммадаги ҳолати

Нам ҳаво таркибида $p_6 < p_T$ бўлганда **тўйинган ҳаво** дейилади. У қуруқ ҳаво ва қиздирилган буғ аралашмасидан ташкил топади (расм 1да 1 нуқта) ва у ўз таркибига янаям кўпроқ миқдорда сув буғи олиши мумкин, яъни сув буғи парциал босими p_6 юқорироқ бўлиши мумкин (бунга 1 нуқтани изотерма бўйича юқorigа силжитиб эришиш мумкин).

Нам ҳаво таркибида $p_6 = p_T$ бўлганида **тўйинган нам ҳаво** дейилади, чунки у таркибига берилган ҳарорат учун максимал мумкин бўлган сув буғини сиғдиради. Тўйинган сув буғи – бу қуруқ ҳаво ва қуруқ тўйинган сув буғи аралашмасидир (расм 1да тўйиниш чизиғи $X=1$ даги 2 нуқта).

Ҳаво ўта тўйинган бўлиши мумкин, яъни таркибида тўйинган нам буғ бўлади (расм 1да 3 нуқта). Бу ҳавонинг туман кўринишини тасвирлайди.

Сув буғи ва ҳавога нисбатан “нам” терминини ишлатишда қуйидагига эътибор бериш лозим: **буғ нам** дейилганида унинг таркибида майда дисперсли суюқлик бўлади, **ҳаво нам** дейилганида эса унинг таркибида сув буғининг исталган ҳолати (ҳаттоки қиздирилган)да бўлиши мумкин.

Ҳавонинг абсолют ва нисбий намлиги

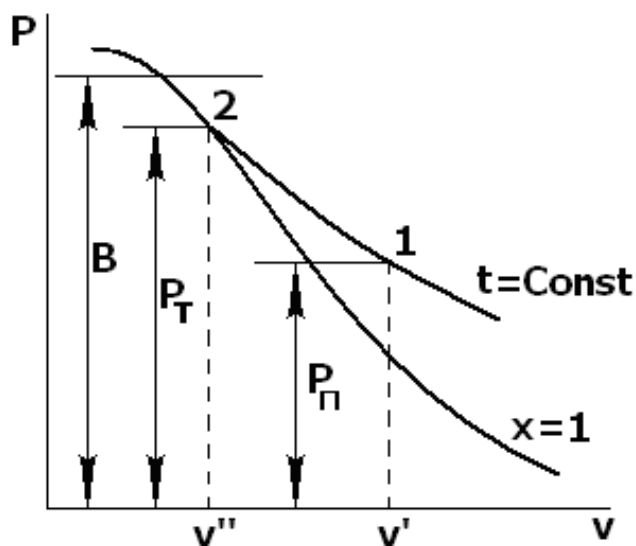
Ҳавонинг абсолют намлиги деб сув буғининг бир метр куб (m^3) ҳаво таркибидаги массавий (масса бирлигидаги) миқдorigа айтилади (берилган ҳаво босими p_6 ва ҳарорати T учун).

Бир метр куб нам ҳаво таркибидаги сув буғи ўзининг парциал босими билан бир метр куб ҳажмни эгаллашлигини (1) ҳисобга олиб, абсолют намлик берилган буғнинг парциал босими ва ҳаво ҳарорати учун сон жиҳатдан буғнинг зичлигига ёки солиштирма оғирлигига тенг.

Шунинг учун абсолют намликни буғнинг зичлиги (ρ_6) (ёки солиштирма оғирлиги γ_6) кўринишинида белгилаш қабул қилинган, яъни

$$\rho_6 = \frac{M_6}{V}, \quad \frac{кг}{м^3}, \quad \gamma_6 = \frac{G}{V}, \quad \frac{кгк}{м^3} \quad (5)$$

Нукта 1да (расм-2) берилган ҳарорат t ва парциал босим (нам ҳавонинг тўлиқ босими - B) да буғ қиздирилган. Унинг солиштирма ҳажми V_1 ва зичлиги (ёки абсолют намлиги) $\rho_1 = \frac{1}{V_1}$.



Расм 2. Нам ҳавонинг P-V диаграммадаги ҳолати

Ушбу берилган ҳолатда ҳаво тўйинмаган. Нукта 1 ни изотерма чизиғи бўйича юқорига силжитсак кўринадики, берилган ҳароратда буғ миқдори кўпаяди, парциал босим ўсади, солиштирма ҳажм камаяди, зичлик эса кўпаяди.

Сув буғининг берилган ҳарорат t даги ҳаво таркибида максимал қиймати буғнинг парциал босими P_H га, яъни берилган ҳароратга мос келувчи тўйиниш босимига тенг бўлган ҳолатга тўғри келади. Бу ҳолатда ҳаво намга тўйинган бўлиб, берилган ҳарорат учун буғ зичлиги ρ ва абсолют намлик максимал.

Ҳавонинг нисбий намлиги деб ҳавонинг берилган абсолют намлиги ρ_6 қийматининг ҳавонинг берилган ҳароратдаги бўлиши мумкин бўлган максимал абсолют намлиги ρ_{max} қийматига нисбати олинади.

Нисбий намлик φ билан белгиланади, бундан

$$\varphi = \frac{\rho_6}{\rho_{max}}, \quad (6)$$

Кўп ҳолатларда нисбий намликни фоизларда ифодаланади, бунда

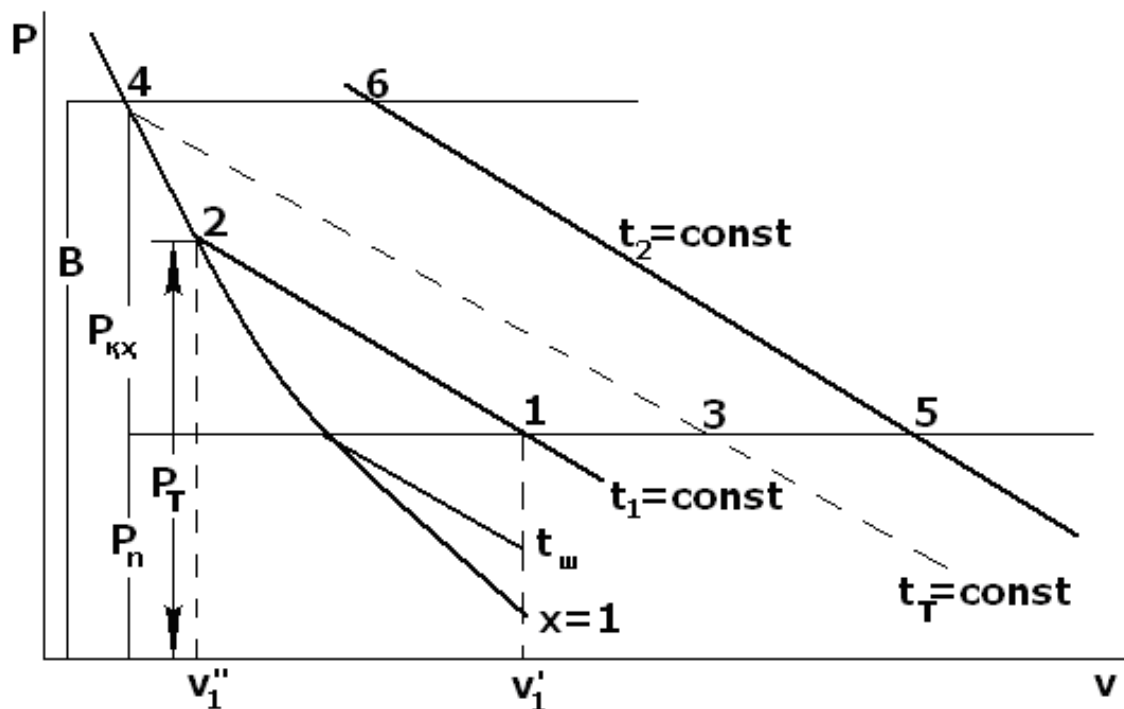
$$\varphi = \frac{\rho_6}{\rho_{max}} \cdot 100, \quad \% \quad (6a)$$

Агар нам ҳавонинг ҳарорати сув буғининг аралашма босими В бўлгандаги тўйиниш ҳарорати t_m дан кичик ёки тенг бўлса, ρ_{max} қиймат берилган ҳароратда куруқ тўйинган буғ зичлигига тенг, яъни ρ'' га тенг бўлади (расм-3 да 1-2 ва 3-4 чизиклар) ва

$$\varphi = \frac{\rho_{\delta}}{\rho''}, \quad (66)$$

ρ нинг қиймати тўйинган сув буғининг жадвалларидан аниқланади.

Аралашманинг В босими учун агар нам ҳавонинг берилган ҳароратида (расм-3 да t_2) ги қиймати тўйинган сув буғи ҳарорати t_m дагидан юқори бўлса (5-6 чизик), ρ_{max} қиймати аралашманинг берилган босими ва ҳарорати учун қиздирилган буғ зичлигига тенг бўлади (6 нуқта).



3-расм. Нам ҳавонинг параметрларини

P-V –диаграммада аниқлаш

Бу шартлар учун максимал намлик сақлаш яъни “нам ҳаво”нинг таркиби бутунлигича фақат сув буғидан ташкил топганида амалга ошади (аралашма фақат қиздирилган буғдан ташкил топади).

Бу ҳолат учун ρ_{max} нинг қиймати қиздирилган буғ учун жадвалдан t ва В қийматлари бўйича топилади.

Берилган ҳароратда қиздирилган буғ зичлиги тўйинган буғ зичлигидан кичик эканлигидан тўйинган ҳаво учун $\varphi < 1$ ёки $\varphi < 100\%$.

φ учун ифода (6) нинг энг қулайи ишлатилади.

Айтиб ўтилганидек, одатда сув буғининг парциал босими жуда кичик; масалан, тўйинган ҳаводаги буғ босими, яъни, берилган ҳароратдаги максимал қийматлари қуйидагиларга тенг:

$t =$	-20	0	+20	+40	$^{\circ}\text{C}$ бўлганда
$P_m =$	0,96	4,6	17,5	55	мм сим. уст.

Тўйинмаган ҳавода парциал босим P_n яна кам кичик.

Шу сабабли ҳаво таркибидаги сув буғига аҳамияти сезиларли хатоларсиз идеал газлар ҳолат тенгламаларини қўллаш мумкин, жумладан Бойль-Мариотт қонунини, ушбу қонунга кўра ўзгармас ҳароратда газ зичлиги ўзгариши босим ўзгаришига тўғри пропорционал.

Қайсики (6) ифодада ρ_n ва $\rho_{\max}$ бир хил ҳароратдаги буғ учун эканлигидан, қуйидагини ёзиш мумкин

$$\varphi = \frac{\rho_n}{\rho_{\max}} = \frac{P_n}{P_{\max}} \quad (7)$$

В босимли ҳаво ҳароратининг тўйиниш ҳароратидан кичик бўлганда, яъни $t_1 \leq t_m$ да (расм-3 даги 1-2 чизик) $P_{\max} = P_T$ да (6б) ифодани қуйидагича ёзиш мумкин

$$\varphi = \frac{P_n}{P_T} \quad (7a)$$

$t_2 > t_m$ бўлганда (расм-3 даги 5-6 чизик)

$$\varphi = \frac{P_n}{B} \quad (7b)$$

Агар таркибидаги буғ ҳолати 1 нуқта билан аниқланадиган (расм-3) тўйинмаган нам ҳаво ўзгармас босимда қиздирилса, тўйиниш босими P_T ошади, парциал босим эса ўзгармай қолади, нисбий намлик $\varphi = \frac{P_n}{B}$ эса ҳаво ҳарорати t_m га етганича камаяди, тўйиниш босими B га тенгбўлмайди (расм-3 даги 3-4 чизик).

Қиздириш давом эттирилса (3-5 кесма) (7б) ифодадаги ҳам сураат ҳам махраж ўзгармай қолади, шунинг учун нисбий намлик φ ҳам ўзгармайди, яъни

$$t > t_m \text{ бўлганда} \quad \varphi = \frac{P_n}{B} = \text{const} \quad (7в)$$

Шудринг нуқтаси ҳақида тушунча

Агар тўйинган нам ҳаво ҳароратини камайтирсак, унинг босимини доимий сақласак (табiiйки бу ҳолда буғнинг парциал босими доимий сақланади, масалан, расм-3 даги 1-7 чизиқ бўйича), тўйиниш ҳолатига етамиз (7 нуқта). Совутишни давом эттирсак ҳаводан шудринг шаклида нам ажралади ва буғнинг парциал босими камаяди. Ушбу ҳолатдаги буғнинг парциал босими P_n га тўғри келадиган тўйиниш ҳарорати шудринг нуқтаси дейилади ва t_m билан белгиланади. (расм-3). Шудринг ҳарорати гигрометр ёрдамида аниқланиши мумкин. Гигрометр бу юпқа деворли металл цилиндр бўлиб, ташқи томондан силлиқланган. Цилиндр ичида эфир буғланади ва ҳарорат пасайиб борадики токи цилиндрининг силлиқланган ташқи сиртида шудринг ҳосил бўлади. Эфир ҳарорати (ушбу ҳолат учун белгилаб қўйилади) шудринг нуқтасига мос келади.

Тўйинган буғ жадвалидан фойдаланиб мос равишда тўйиниш босимини аниқлаш мумкин, қайсики нам ҳаво таркибидаги буғнинг парциал босими P_n га тенг.

Ушбу жадвалдан ҳаво ҳароратига тўғри келадиган тўйиниш босими ҳам аниқланади.

(7а) ифодадан ҳавонинг нисбий намлиги φ аниқлданади.

Бошқа турдаги гигрометр ишлаши баъзи моддаларнинг ҳаво намлигига нисбатан ўз чизиқли ўлчамларини ўзгартириш хусусиятларига асосланган. Жумладан ушбу хусусиятларга инсоннинг ёғсизлартирилган сочлари эга (сочли гигрометр).

Амалиётда ҳавонинг нисбий намлигини аниқлаш учун психрометр асбоби ишлатилади.

Нам ҳавонинг зичлиги

Нам ҳавонинг зичлиги $\rho, (кг/м^3)$ қуруқ ҳаво зичлиги ($\rho_{к.х.}$) ва сув буғи зичлиги ($\rho_{с.б.}$) лари йиғиндисига тенг (берилган парциал босимлари $P_{к.х.}$ ва $P_{с.б.}$ ва ҳаво ҳароратидаги), яъни

$$\rho = \rho_{к.х.} + \rho_{с.б.} \quad (8)$$

Идеал газ ҳолат тенгламаси $PV = MRT$ дан

$$\frac{P}{\rho} = RT \quad \rho = \frac{P}{RT}$$

Қуруқ ҳаво учун $\rho_{к.х.} = \frac{P_{к.х.}}{RT} \quad (9)$

ва сув буғи учун $\rho_{с.б.} = \frac{P_{с.б.}}{RT} \quad (10)$

(9) ва (10) ифодаларни (8)га қўйиб топамиз:

$$\rho = \frac{P_{к.х.}}{R_{к.х.}T} + \frac{P_{с.б.}}{R_{с.б.}T} \quad (11)$$

(11) ифодага нам ҳавонинг тўлиқ босими P ни киритиш учун (11) ифоданинг ўнг қисмига $P_{с.б.}/R_{к.х.}T$ катталикини қўшамиз ва айирамиз:

$$\rho = \frac{P_{к.х.}}{R_{к.х.}T} + \frac{P_{с.б.}}{R_{к.х.}T} + \frac{P_{с.б.}}{R_{с.б.}T} - \frac{P_{с.б.}}{R_{к.х.}T} = \frac{P_{к.х.} + P_{с.б.}}{R_{к.х.}T} - \frac{P_{с.б.}}{T} \left(\frac{1}{R_{к.х.}} - \frac{1}{R_{с.б.}} \right) \quad (11a)$$

Эътиборга оламизки, $P_{к.х.} + P_{с.б.} = P$ (3) ва қуруқ ҳаво ва сув буғининг газ доимийлари: $R_{к.х.} = 287 \text{ Ж/кг К}$ ва $R_{с.б.} = 462 \text{ Ж/кг К}$, (11a) га қўйиб, топамиз:

$$\rho = \frac{P}{287 \cdot T} - \frac{P_{с.б.}}{T} \left(\frac{1}{287} - \frac{1}{462} \right)$$

ҳисоблашлардан сўнг:

$$\rho = \frac{P}{287 \cdot T} - 0,00132 \frac{P_{с.б.}}{T} \quad кг / м^3 \quad (12)$$

Бу ерда P ва $P_{с.б.}$ босимлар ўлчов бирликлари Па ($Н/м^2$).

Ифоданинг биринчи ташкил этувчиси қуруқ ҳавонинг барометрик босимдаги зичлигини англатади, иккинчи ташкил этувчи манфий эканлигидан хулоса қилиш мумкинки нам ҳавонинг зичлиги ҳар доим қуруқ ҳавонинг зичлигидан кам (агар тенглаштириш бир хил босим ва ҳароратда амалга оширилса).

Амалиётда В ва Р_б босимлар ўлчов бирликлари мм сим. уст да ўлчанади.

1мм сим. уст.= 133, 323 Н/м² (Па)эканлигини ҳисобга олиб, (12) ифодани ўзгартирамиз:

$$\rho = \frac{B}{2,15 \cdot T} - 0,176 \frac{P_{\text{б.}}}{T} \quad \text{кг / м}^3 \quad \text{ёки}$$

$$\rho = \frac{B - 0,378 \cdot P_{\text{б.}}}{T} \quad \text{кг / м}^3$$

Ифодада В ва Р_б ўлчамлари мм симоб устунида берилган.

Ҳавонинг нам сақлаш хусусияти

Нам ҳавонинг ҳолатлари ўзгарганида қуруқ ҳаво массаси одатда ўзгармайди, буғ миқдори эса камайиши (конденсацияланишда) ёки ошиши (намлик буғланиб ажралганда, масалан қуритилаётган материалдан).

Шунинг учн ҳисоблашлар (қуритилишда, намланганда ва ҳоказо) бир килограмм қуруқ ҳавога нисбатан бажарилиши қўлай.

Ҳавонинг намлик сақлаш хусусияти - нам ҳаво таркибидаги буғ массаси (М_б) нинг қуруқ ҳаво массаси (М_к) га нисбатига айтилади; бошқача айтганда, *намлик сақлаш хусусияти* – нам ҳаводаги сув буғи массанинг 1 кг қуруқ ҳавога тўғри келишига айтилади:

$$d = \frac{M_{\text{б.}}}{M_{\text{к}}} \quad \frac{\text{кг} \quad \text{сувбуғи}}{\text{кг} \quad \text{қуруқхаво}} \quad (14)$$

Кўпинча 1 килограмм қуруқ ҳавога тўғри келадиган буғнинг граммларида ўлчанади. V_б=V_{к.х.} эканлигидан

$$d = \frac{\rho_{\text{б.}}}{\rho_{\text{к.х.}}} \quad (15)$$

Ҳолат тенгламасидан

$$\rho = \frac{P}{RT} \quad \text{эканлигидан} \quad \rho_6 = \frac{P_6}{R_6 T} \quad \text{ва} \quad \rho_{\kappa.х.} = \frac{P_{\kappa.х.}}{R_{\kappa.х.} T} \quad \rho_6$$

ни $\rho_{\kappa.х.}$ га бўламиз (T лар қисқаради) ва топамиз:

$$d = \frac{P_6 \cdot R_{\kappa.х.}}{P_{\kappa.х.} \cdot R_6}$$

(3) ифодадан $P_{\kappa.х.} = B - P_6$ эканлигидан ва газ доимийларини ўз ўрнига қўйсак,

$$\text{ҳосил қиламиз:} \quad d = \frac{P_6 \cdot 287}{(B - P_6) \cdot 462} \quad \text{ва ҳисоблаб топамиз:}$$

$$d = 0,62 \frac{P_6}{B - P_6} \frac{\kappa\text{г} \cdot \text{бу\text{г}}}{\kappa\text{г} \cdot \kappa.х.} = 622 \frac{P_6}{B - P_6} \frac{\text{г}\text{р} \cdot \text{бу\text{г}}}{\kappa\text{г} \cdot \kappa.х.}$$

Бундан кўринадикки, бир хил атмосфера босими "В" да намлик сақлаш хусусияти буғнинг парциал босими P_6 га боғлиқ, P_6 ошиши билан у ошади.

Агар бирор жараёнда $d = \text{const}$ бўлса жараён учун $P_6 = \text{const}$ бўлади.

Нам ҳавонинг энтальпияси

Энтальпия ҳам 1кг куруқ ҳавога нисбатан қаралади, яъни $\left(1 + \frac{d}{1000}\right)$

килограмм нам ҳавога нисбатан.

Қавс ичидаги бир сони бир килограмм куруқ ҳаво қўшилган бир килограмм куруқ ҳавога тўғри келадган сув буғи эканлигини билдиради, яъни нам сақлаш хусусияти d ўлчов бирлиги $\frac{\text{г}\text{р} \cdot \text{бу\text{г}}}{\kappa\text{г} \cdot \kappa.х.}$, шу сабабли энтальпия қуйидагича белгиланади:

$$H; \quad \frac{\kappa\text{Ж}}{\kappa\text{г} \cdot \kappa.х.}$$

Энтальпия H 1кг куруқ ҳавоэнтальпияси ва $\left(\frac{d}{1000}\right)$ кг буғ энтальпиялари йиғиндисидан иборат, яъни

$$H = h_{\kappa.х.} + 0,001d \cdot h_6. \quad (17)$$

$h_{\kappa.х.}$ – 1кг куруқ ҳаво энтальпияси;

h_6 - 1кг сув буғи энтальпияси.

$$\text{Қурук ҳаво учун} \quad h = c_p \cdot t \quad (18)$$

бунда c_p – массавий изобарик иссиқлик сиғими, уни қуйидагича қабул қилиш мумкин:

$$c \approx 1 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг} \cdot \text{К}} = 0,24 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}.$$

Буг энтальпияси (1кг учун) қуйидаги эмперик формуладан топилиши мумкин:

$$h_{\text{с.}} = 2490 + 1,97 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг}} \quad (\text{СИ системасида}) \quad (19)$$

$$h_{\text{с.}} = 595 + 0,46 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \quad (\text{МКГСС системасида}) \quad (20)$$

(17) ва (18) формулаларга иссиқлик сиғими қийматларини ва (19) ва (20) ифодалар қийматларини қўйиб, ҳосил қиламиз:

$$H = t + 0,001d \cdot (2490 + 1,97) \frac{\text{кЖ}}{\text{кг} \cdot \text{К.Х.}} \quad (21)$$

$$H = t + 0,001d \cdot (595 + 0,46) \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{К.Х.}} \quad (22)$$

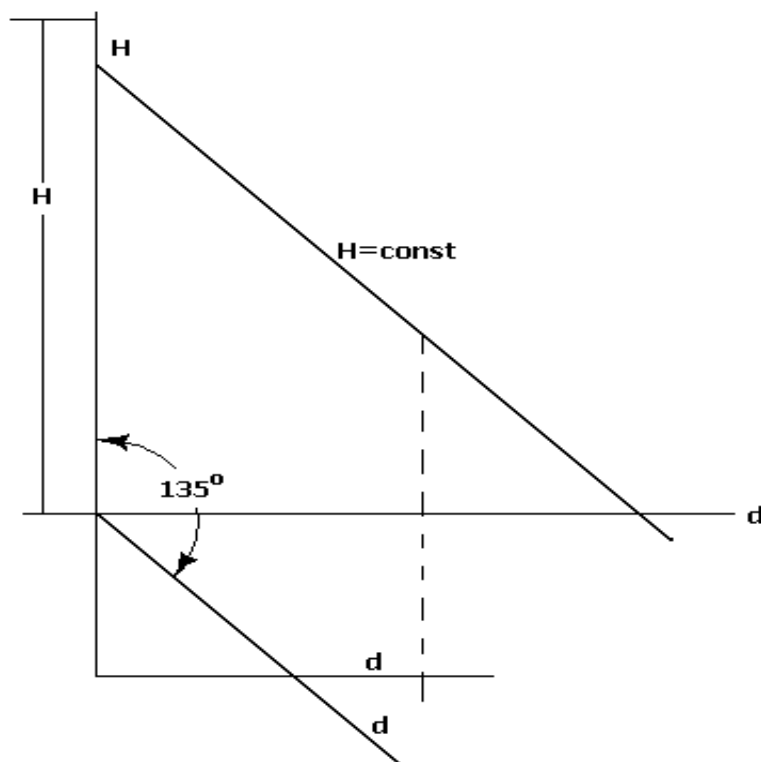
Нам ҳавонинг Н-d диаграммаси

Қуритиш жараёнида, намланиш, қиздириш, совиш ва бошқа шунга ўхшаш жараёнларда нам ҳавонинг ҳолати ўзгариши билан боғлиқ ҳолларда унинг параметрларини аниқлашда ва амалий масалалар ечишда профессор Л.К.Рамзин томонидан таклиф қилинган Н-d диаграмма ёрдамида график усулидан фойдаланиш содда усул ҳисобланади.

Ушбу диаграммада абцисса ўқи бўйича ҳавонинг намлик сақлаши d , г/кгқ.х., ордината ўқи бўйича эса нам ҳавонинг энтальпияси H (нам ҳаво таркибидаги 1кг қурук ҳавога нисбатан кЖ ёки ккал ларда) жойлаштирилган.

Диаграммада алоҳида чизиқларнинг қулай жойлашишлари учун координата ўқлари 135° бурчак остида ўтказилган (расм-4).

Диаграмма координатаси бошидан ўтказилган горизонтал жойлашган қисми амалий аҳамиятга эга эмаслигидан абцисса (d) шкаласи горизонтал чизиққа кўчирилади ва абцисса ўқи бурчак остида чизилмайди. Шунинг учун $H = \text{const}$ чизиғи 45° бурчак остида қия жойлашади, $d = \text{const}$ чизиғи эса вертикал бўйича йўналади.



Расм 4. H-d диаграммаси координата тўри

H-d диаграмма $B = 745$ мм сим. уст барометик босим учун қурилади, шу билан биргаликда диаграммадан ушбу барометрик босимдан маълум миқдорда фарқли босимларда ҳам фойдаланиш мумкин.

Диаграммада (21) ёки (22) ифодаларга яқин изотерма тўғри чизиқлари ўтказилган.

Ҳар бир изотермадаги нуқталарда қийматлари бир хил бўлади. Буни аниқлаш учун (7а) ифодадан P_6 нинг қиймати топилади, у берилган нисбий намлик ϕ қийматига мос келади, кейин эса (16) дан мос равишда намлик сақлаш хусусияти d қиймати топилади.

ϕ нинг бир хил қийматларини бирлаштирувчи эгри чизиқлар $\phi = \text{const}$ эгри чизиқлари тизимини беради (расм 5). $\phi = 100\%$ эгри чизиғи чегара эгри чизиғи бўлиб, ҳавонинг намга тўйинишини белгилайди. $\phi = 100\%$ эгри чизиғидан юқорида ётган эгри чизиқлар нам ҳавонинг ҳар хил қийматларига тўғри келади, яъни $\phi = 0$ – қуруқ ҳаводан $\phi = 100\%$ - тўйинган ҳолатигача. $\phi = 100\%$ эгри чизиғидан пастда ётган чизиқлар ҳавонинг ўта тўйинган (туман) ҳолатини белгилайди.

Расм 5. Нам ҳавонинг H-d диаграммаси

Диаграмманинг пастки қисмида (16) ифода орқали аниқланган $P_{\Pi} = f(d)$ эгри чизиғи(тўғри чизикқа яқин) қурилган. Ордината ўқи бўйича ўнг томонда парциал босим (P_{Π} , мм. сим. уст. да) жойлаштирилган.

100 °C ли изотермада (аниқроғи 99,4 °C) $\varphi = \text{const}$ эгри чизиклари синади ва вертикал йўналади, яъни тўйиниш ҳароратидан юқори ҳароратда ҳаво босимининг мос ($B=745$ мм.сим.уст., $t_T= 99,4$ °C) қийматида

$$\varphi = \frac{P_{\Pi}}{B} = \text{const} \quad (7B)$$

Юқори ҳароратларда $\varphi = \text{const}$ чизиклари $d=\text{const}$ чизикларига параллел кетади ва бундан $P_{\Pi} = \text{const}$ (16). Масалан, расм-5 да А нуқтаси.

Нам ҳавонинг ўлчаш орқали топилган характерловчи икки кўрсаткичлари маълум бўлса, нам ҳавонинг H-d диаграммаси ёрдамида қолган тавсифловчи кўрсаткичларини аниқлаш мумкин. Масалан:

1. Термометр ёрдамида ҳавонинг ҳарорати t ни ва гигрометр ёрдамида тўйиниш–шудринг ҳосил бўлиш нуқтаси ҳарорати t_T ни аниқлаб (ва маълумки, шудринг ҳосил бўлиш нуқтаси ҳавони ўзгармас босимда совутилганда намоён бўлади), H-d диаграммада А нуқтасини топамиз, бу нуқта ҳаво ҳолатини тавсифлайди (расм-6). Бунинг учун t_T ва $\varphi = 100\%$ чизиклари кесишиш нуқтасидан $d=\text{const}$ чизиғи бўйича (демак, $P_{\Pi} = \text{const}$ бўлганда ҳам) юқорига t изотерма билан кесишгунча кўтарилсак, А нуқта топилади, қайсики H , d , P_{Π} , φ лар қийматларини аниқлайди.

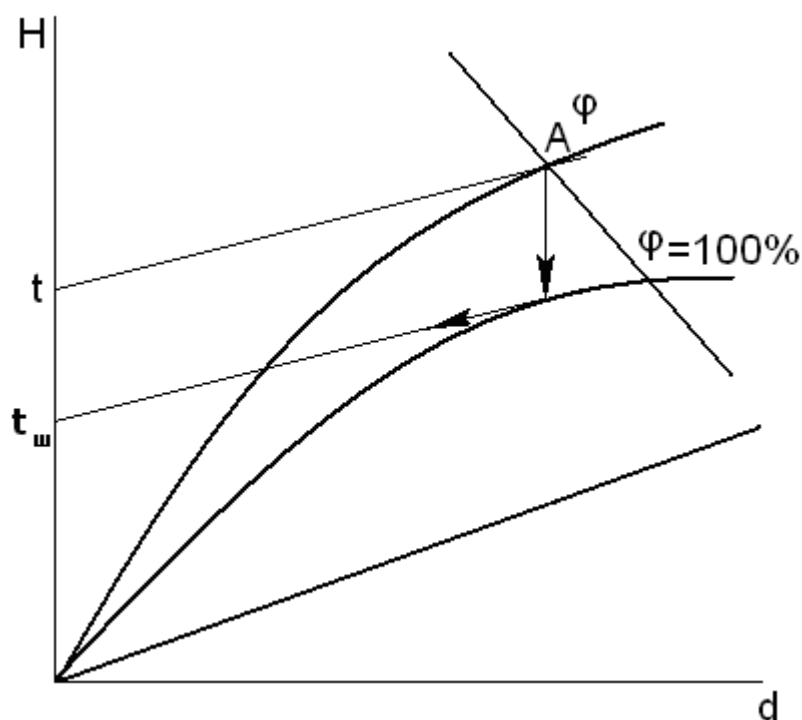
Диаграммада H- қиймати ордината ўқидан, d- эса абцисса ўқидан олинади. А нуқтада вертикал бўйича (яъни $d=\text{const}$ ва $P_{\Pi} = \text{const}$) пастга $P_{\Pi} = f(d)$ чизикгача

тушиб, кесишган нуқтадан ўнг томондаги ордината ўқига чиқилади ва парциал босим қиймати топилади.

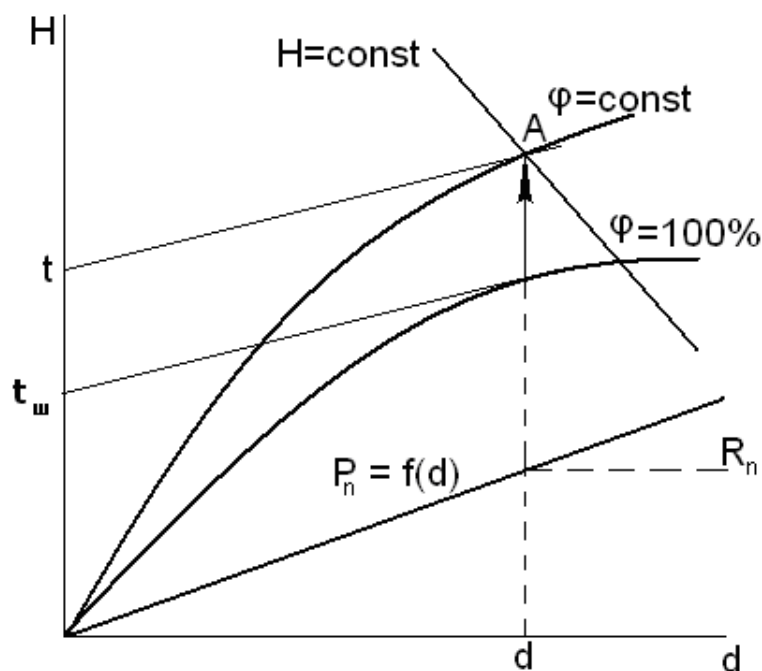
Расм-6 дан ϕ қиймати аниқланиши тушунарли.

2. Соч толали гигрометр ёрдамида нисбий намликни ва термометр ёрдамида ҳаво ҳароратини аниқлаб, $\phi = \text{const}$ ва $t = \text{const}$ чизиклари кесишувида А нуқтани топамиз (расм-7). Шундан сўнг диаграмма бўйича H , d , P_n (расм 6), шунингдек А нуқтадан вертикал бўйича пастга тушиб $\phi = 100\%$ чизиғидан шабнам нуқтаси ҳароратини топамиз (расм-7).

Диаграммада баъзан намланган термометрнинг ўзгармас ҳарорат чизиғи келтирилади.



Расм 6. H-d диаграммада нам ҳавонинг ҳолат кўрсаткичларини аниқлаш



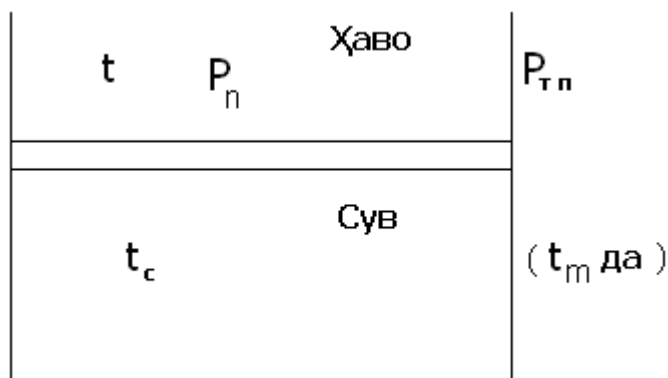
Расм-7. H-d диаграммада нам ҳавонинг
параметрларини аниқлаш

Намланган термометр ҳарорати

Техника амалиётида ҳаво билан сув тегишида улар орасидаги ўзаро алмашинувиға катта қизиқиш мавжуд.

Бу ҳолатларда суяқлик ва ҳаво орасида иссиқлик ва масса алмашинуви содир бўлади. Иссиқлик алмашинуви ҳароратлар фарқи туфайли юзаға келса, масса алмашинуви – ҳаво оқими таркибидаги сув буғи парциал босими билан ҳавонинг суяқлик юзасиға тегиб турган қатламидаги сув буғи парциал босимлари фарқи ҳисобидан юзаға келади.

Сувнинг юзасиға тегиб турган ҳаво ҳар доим тўйинган бўлади, шунинг учун сувнинг юзасидаги ҳавонинг намлик сақлаш хусусияти сувнинг ҳарорати t_c га мос келувчи тўйинган сув буғи парциал босими билан аниқланади, бу парциал босимни $P_{тп}$ билан белгилаймиз. Ҳаво таркибидаги буғнинг парциал босими P_n (расм 8).

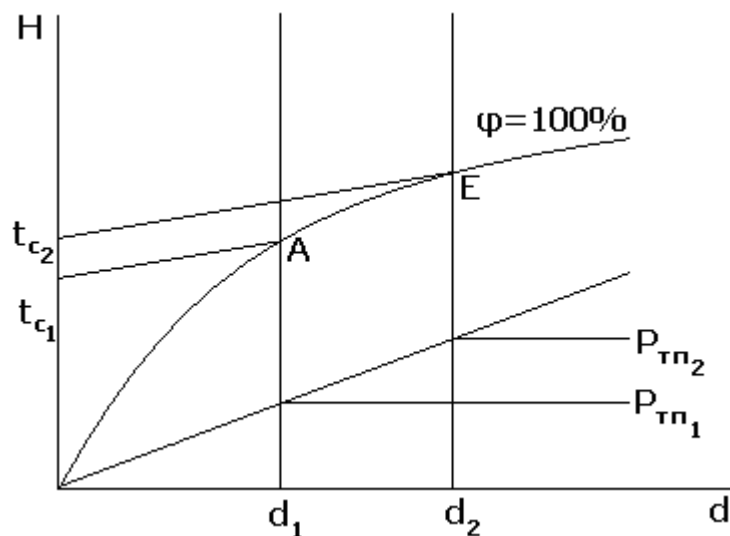


Расм 8. Сув-ҳаво оралиғи чегарасидаги
чегара-қатлам схемаси

$P_{тп}$ ва P_n қийматларини масса алмашинуви қандай бўлишлигидан аниқланади яъни сув бўғланишида ($P_{тп} > P_n$), ёки ҳаводан бўғнинг конденсацияланишидан ($P_n > P_{тп}$).

Н-d диаграмма бўғланиш ёки конденсацияланиш жараёнининг қайсиники эканлигини тез аниқлаш имконини беради. Бунинг учун $\phi = 100\%$ чизиғида t_c ҳароратга мос келувчи нуқтани топамиз (расм-9 даги А нуқта) ва АВ вертикаль ўтказамиз. Бу чизикда ётувчи нуқталар ҳавонинг бўғланишсиз ва конденсацияланишсиз ҳолатларини тавсифлайди яъни $P_n = P_{тп}$. Бу чизикдан ўнгроқ томонда ётувчи нуқталар (масалан, С) конденсацияланиш содир бўладиган ҳолатни тавсифлайди, яъни $P_n > P_{тп}$. Бу чизикдан чапроқ томонда ётувчи нуқталар (масалан, Д нуқта) бўғланиш содир бўладиган ҳолатни тавсифлайди, яъни $P_{тп} > P_n$.

Айтайлик, сувнинг юзасидаги ҳавони нам сақлаш хусусияти юза устидаги ҳаво қатламининг нам сақлаш хусусиятига тенг (расм-9 да В нуқта). Намлик сақлаш хусусиятлари тенглиги бошланғич моментда на бўғланиш, на конденсацияланиш содир бўлмайди, $P_n = P_{тп}$.



Расм 10. H-d диаграммада намлик буғланиши
жараёнининг ифодаланиши

Агар чегараланган ҳажмдаги ҳавога кераклича кўп микдорда сув киритилса, маълум вақтдан кейин ҳаво сув буғларига тўйинади, қайсики иссиқлик алмашилиш фақат сув ва ҳаво орасида содир бўлади, иссиқлик олиниши бўлмайди, демак ҳавонинг тўйиниш жараёни адиабатик ҳисобланади.

Ҳавонинг тўйиниши натижасида унинг ҳарорати сувнинг ҳароратига тенг бўлиб қолади(яъни намланган термометр ҳарорати t_m га).

Тўйиниш жараёни охирида ҳосил бўлган ҳаво ҳарорати **ҳавонинг адиабатик тўйиниш ҳарорати** дейилади.

Намланган термометрнинг доимий ҳароратлари чизиқлари H-d диаграммага пунктир чизиқлар билан белгиланади ва бир қанча $H = \text{const}$ чизиқлар ҳолати билан аниқланади.

Психрометр

Амалиётда кўпинча нам ҳаво ҳолати психрометр асбои билан аниқланади (расм 11,а,б).

Психрометр иккита термометрдан ташкил топган бўлиб, унинг биттасининг уч қисми-шариги латта билан ўралган бўлади (расм-11,б) ва ишлатилиш пайтида сув билан намланади. Бу термометр **намланган термометр** дейилади, намланмагани – қуруқ темометр ҳисобланади. Қуруқ термометр нам ҳавонинг ҳақиқий ҳарорати t_k ни кўрсатади.

Намланган термометрнинг латта ўралган шарикли учини ҳаво оқими билан ювилганида латта юзасидан сув буғланиши содир бўлади ва бу

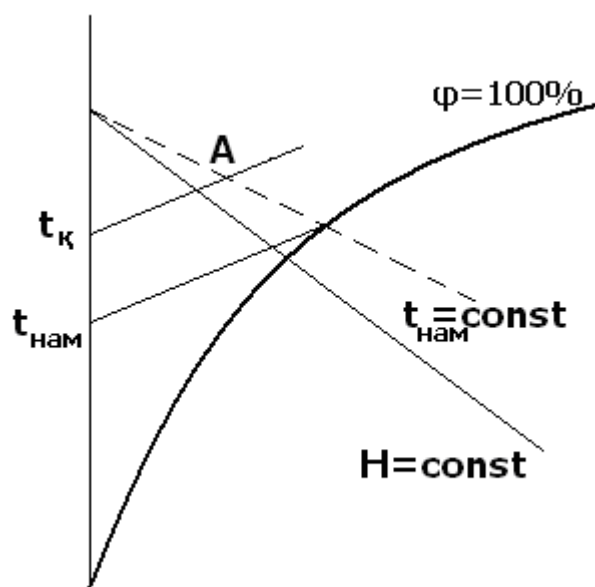


Расм-11. Психрометр асбобининг умумий кўриниши
ва термометрлар жойлашиши

термометрнинг кўп ёки кам тақрибий яқинлашиш билан сув буғланиши ҳарорат кўрсаткичи бўлади (яъни намланган термометр ҳарорати).

Психрометрнинг намланган термометри кўрсатаётган ҳарорати ҳақиқий намланган термометр ҳароратидан бир оз юқори бўлади. Бу термометрга ўраб турувчи жисмлардан нурланиш орқали ва чиқиб турувчи симоб устунининг иссиқлик ўтказувчанлиги орқали киритилаётган иссиқлик оқими таъсири билан тушунтирилади. Шу сабабли намланган термометр кўрсаткичига ўзгартиришлар

жадвал шаклида киритилади. Кўрсаткичлардаги чекланишларни камайтириш учун латта ўралган учни катта тезликдаги ҳаво оқими билан шамоллатиш зарур ҳамда намланган термометр устунини ўраб турувчи жисмлардан нурланишга ҳимоялаш зарур. Психрометр кўрсаткичлари бўйича нисбий намлик ва намлик сақлаш хусусиятларини аниқлаш учун махсус психрометрик жадваллар тузилган. Шу билан биргаликда нам ҳавонинг бу кўрсаткичларни ва бошқа тавсифловчи параметрларини H-d диаграмма ёрдамида аниқлаш қўлай.



Расм 12. H-d диаграмма ёрдамида куруқ ва намланган термометрлар ҳарорат кўрсаткичлари бўйича нам ҳавонинг ҳолатини аниқлаш

Куруқ ва намланган термометрлар кўрсаткичлари бўйича A нукта топилади (расм-12), бу нукта t_{κ} изотерма чизиғи билан намланган термометр ҳарорати $t_{\text{нам}}$ чизиқ (пунктир чизиқ)лари кесишган жойи нам ҳаво ҳолатини тавсифлайди.

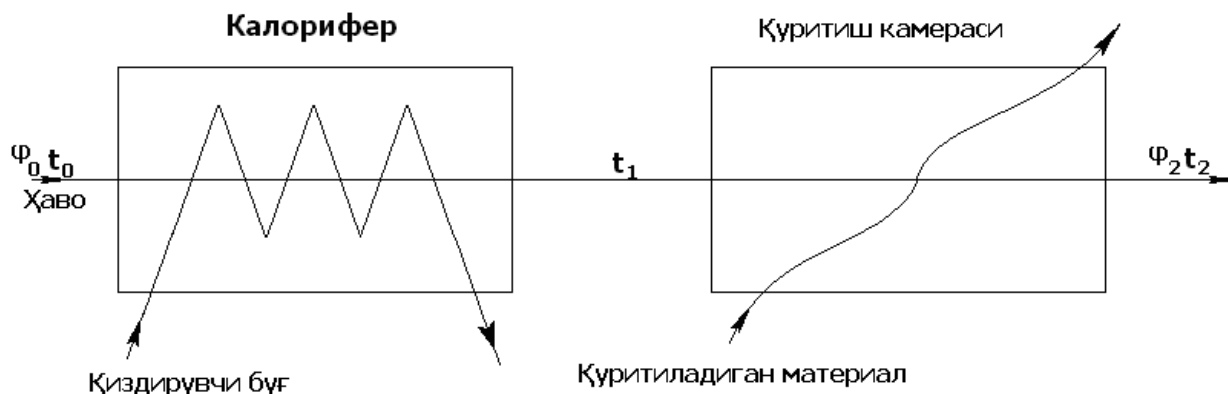
H-d диаграммада нам ҳавонинг қизиши ва совуши жараёнлари ифодаланиши.

Материаллар қуришида ҳавонинг намланиши.

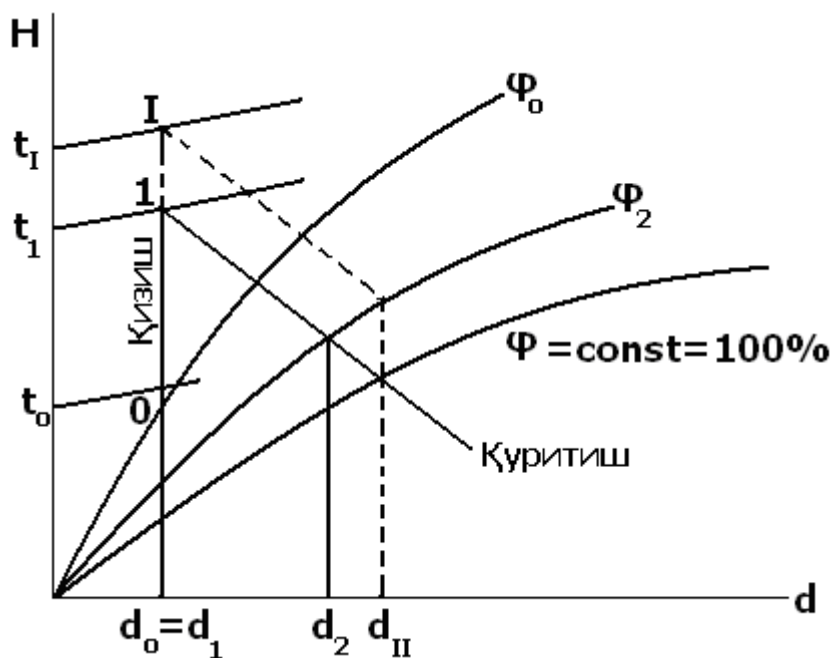
Қуриштиш агенти сифатида ишлатиладиган нам ҳаво қуриштиш жараёни олдиан калориферда қиздирилади (расм-13). Қиздириш жараёни H-d диаграммада вертикаль тўғри чизиқ билан ифодаланади (расм-14), бунда намлик сақлаш хусусияти ўзгармайди.

$H_1 - H_0$ ордината фарқи 1кг куруқ ҳавонинг калориферда қиздирилиши учун сарф бўлаётган иссиқликни тасвирлайди. Кейин t_1 ҳароратгача қиздирилган ҳаво

қуриштиш камерасига киритилади, бу ерда ҳаводан олинган иссиқлик ҳисобига қуритилаётган материалдан сув буғланиши жараёни содир бўлади, натижада ҳаво ажралган сув буғи ҳисобига намланади.



Расм 13. Қуриштиш жараёнининг схемаси



Расм 14. Н-d диаграммда қуриштиш жараёни тасвири

Агар материал таркибидаги сувнинг энthalпияси нолга тенг деб қабул қилинса, сув буғланиши жараёнини ўзгармас энthalпия $H = \text{const}$ қийматларида амалга ошади деб қабул қилиш мумкин (расм-14, 1-2 жараён). Ҳақиқатда эса агар сув билан қўшимча иссиқлик киритилмаса ($h_c = 0$), бунда сувни буғлантиришга сарф бўлган ҳаво иссиқлиги буғлатилган сув буғи таркибида ҳавога қайтади.

$d_2 - d_1$ фарқ қуриштиш камерасида ҳар бир килограмм қуруқ ҳаво (нам ҳаво таркибидаги) томонидан буғлантирилган намлик миқдорни ифода қилади.

Қуритиш камерасига киритилаётган ҳавонинг ҳарорати қанча юқори бўлса, ҳар бир килограмм ҳаво қуритилаётган материалдан шунчалик кўп намликни олади. Бу расм-14 да тасвирланган: t_{11} да $d_{11}-d_0$ фарқ d_2-d_0 фарқдан катта.

Қуритиш жараёни учун фақат тўйинмаган ҳаво ишлатилиши мумкин, шу билан бирга имконият борича унинг бошланғич нам сақлаш хусусиятини камайтириш лозим. Нам сақлаш хусусиятини камайтириш йўлларида бири (нам ютувчи ишлатилмаганда) тўйинган ҳавони совутишдан иборат.

Айтайлик, ҳавонинг бошланғич ҳолати Н-d диаграммада А нуқта билан тавсифлансин (расм 15), ҳарорат t_1 ва намлик сақлаш хусусияти d_1 . Нам ҳаводан иссиқликни олиб, уни t_2 ҳароратгача совутамиз. $\phi=100\%$ гача совутилганда (В) намлик сақлаш хусусияти ўзгармайди.

Расм-15. Н-d диаграммада қиздириш ва совутиш жараёнлари тасвири

Шабнам нуқтасидан паст ҳароратгача совутилганда (В нуқта) ҳаво таркибидаги сув буғи тўйинган нам ҳавога айланиб, конденсацияланади ва томчи кўринишида пайдо бўлади.

Конденсацияланиш жараёни шартли $\phi=100\%$ дан ўтганда қабул қилинади (ВС чизиги).

Агар бу сувни олиб ташласак, t_2 ҳароратга ва d_2 намлик сақлаш хусусиятига мос келувчи ҳолатдаги тўйинган ҳавони оламиз (С нуқта).

Бу ҳавони қиздириб, шундай ҳолатга эга бўлиш мумкинки (Д нуқта) бунда ҳаво бошланғич ҳарорат t_1 да бўлади, лекин кам намлик сақлаш хусусияти $d_2 < d_1$ бўлади.

Фойдаланилган адабиётлар

1. С.Л.Ривкин, А.А.Александров. Термодинамические свойства воды и водяного пара. – М.: Энергия, 1975.
2. В.А.Кириллин, В.В.Сычев, А.Е.Шейндлин. Техническая термодинамика. – М.: Энергия, 1974.

3. Б.Х.Драганов, А.В.Кузнецов, С.П.Рудобашта. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве.-М.: Агропромиздат, 1990. -463 с.: ил.
- 4.Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассаобмен. Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 550 с., ил..
5. Солодов А.П. Принципы тепломассообмена – М.: Издательства МЭИ, 2002. 96 с.
- 6.Кузма – Кичта Ю.А. Методы интенсификации теплообмена. – М.: Издательства МЭИ, 2001 – 112 с.
7. Сборник задач по технической термодинамике: Учеб. пособие с 332/ Т.Н. Андрианова, Б.В.Дзамнов, В.Н. Зубарев, С.А.Ренмизов, Н.Я. Филатов. Ч-е изд., перераб. и доп. – Издательство МЭИ, 2000. -356 с.: ил.
8. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: Справочник Рен. Гос. службой стандартных справочных данных. ГСССД Р-776-98. – М.: Издательство МЭИ, 1999. – 168 с; ил.

Шаймарданов Бахтиёр Пардаевич

“ИССИҚЛИК ТЕХНИКАСИ”

ФАНИДАН

“НАМ ҲАВОНИНГ ХУСУСИЯТЛАРИНИ ЎРГАНИШ ”

ТАЖРИБА ИШИ БЎЙИЧА

МЕТОДИК ҚЎЛЛАНМА

Мухаррир

М.Нуртаева

Мусаххих

Д.Байзакова

Босишга рухсат этилди «____»_____2007 йил

Қоғоз ўлчами 60×84 1/16, ҳажми 1,6 б.т. 100 нусха.

Буюртма _____.

ТИМИ босмахонасида чоп этилди.

Тошкент – 700000, Кори Ниёзий кучаси 39-уй