

## 6 – МАВЗУ: СУВ БУҒИ

### Куриладиган масалалар:

1. Буғ ҳосил бўлиш процесси.
2. Буғ ҳосил бўлиш процессининг  $p$  -  $Q$  - диаграммада тасвирланиши.
3. Сув буғининг  $t_s$  ва  $i_s$  - диаграммаси.

### 1. Буғ ҳосил бўлиш процесси

Сув буғи буғ турбиналари, буғ машиналари ва бошқа бир неча қурилмаларда ишчи жисм, иссиқлик алмашинув қурилмаларида эса иссиқлик ташувчи сифатида кенг қўлланилади.

Модданинг суюқ ҳолатдан газ ҳолатига ўтиши **буғланиш** дейилади. Бунда молекулаларнинг бир қисми суюқлик юзасидан қолган молекулаларнинг тортишиш кучини енгиб, учиб чиқади ва атроф - муҳитга тарқалади. Кинетик энергияси анча катта бўлган молекулаларгина бундай иш бажара олади.

Агар суюқлик ўзгармас босимда иситилса, унинг молекулаларининг барча ҳажм бўйича ҳаракат тезлиги ортади ва буғ ҳосил бўлиш кучаяди. Суюқликнинг физик хусусиятига ва босимга қатъий мувофиқ келадиган муайян температурада буғланиш процесси қайнаш процессига айланади.

Суюқликнинг фақат эркин сиртидан эмас, балки бутун ҳажми бўйича жадал равишда буғга айланиши ва буғ пуфакчаларининг тез ҳосил бўлиши ва кўпая бориши **қайнаш** дейлади.

Буғланиш процессига тескари процесс, яъни модданинг газ ҳолатидан суюқ ҳолатига ўтиши конденсатланиш дейилади.

Босим ўзгармас бўлган пайтда конденсатланиш процессида буғланишда бўлгани каби температура ўзгармасдан қолади.

Агар буғланиш ёпиқ идишда кетаётган бўлса, у ҳолда буғ миқдори мувозанат қарор топгунча, яъни суюқлик ва буғ миқдорлари ўзгармас бўлгунча ортаверади. Бу вақт бирлиги ичида суюқликдан чиқиб кетаётган зарралар сони шу вақт ичида суюқликка қайтаётган зарралар сонига тенг деган сўздир. Суюқлик билан мувозанатда турган буғ **тўйинган буғ** дейилади.

Тўйинган буғнинг температураси у ҳосил бўлаётган қайнаётган суюқлик температурасига тенг бўлади.

Қайнаш содир бўладиган температура билан босим бир-бирига боғлиқдир. Улар тўйиниш температураси ва босими дейилади ва  $t_m, p_m$  билан белгиланади. Суюқлик қайнайдиган босим қанчалик юқори бўлса, қайнаш температураси ҳам шунча юқори бўлади.

Температураси ва босими тўйиниш босими билан температурасига тенг, лекин таркибида сув зарралари бўлмаган буғ **қуруқ буғ** дейилади.

Сууюқликка тегиб турган ва унинг устидаги бўшлиқни тўйинтирадиган буғ тўйинган нам буғ дейилади. Тўйинган нам буғ-буғ билан жуда майда сув томчилари аралашмасидир. Буғдаги сууюқлик зарраларининг миқдори буғнинг қуруқ ёки намлик даражасини белгилайди.

Қуруқ тўйинган буғ массасини тўйинган нам буғ массаси йиғиндисига (буғ ва сууюқлик аралашмаси) нисбати  $X$  билан белгиланади ва **буғ сақлами ёки буғнинг қуруқлик даражаси** дейилади.

Нам буғдаги қайнаётган сууюқликнинг массаси улушига буғнинг **намлик даражаси** дейилади ва  $Y$  билан белгиланади.

$$y = 1 - x$$

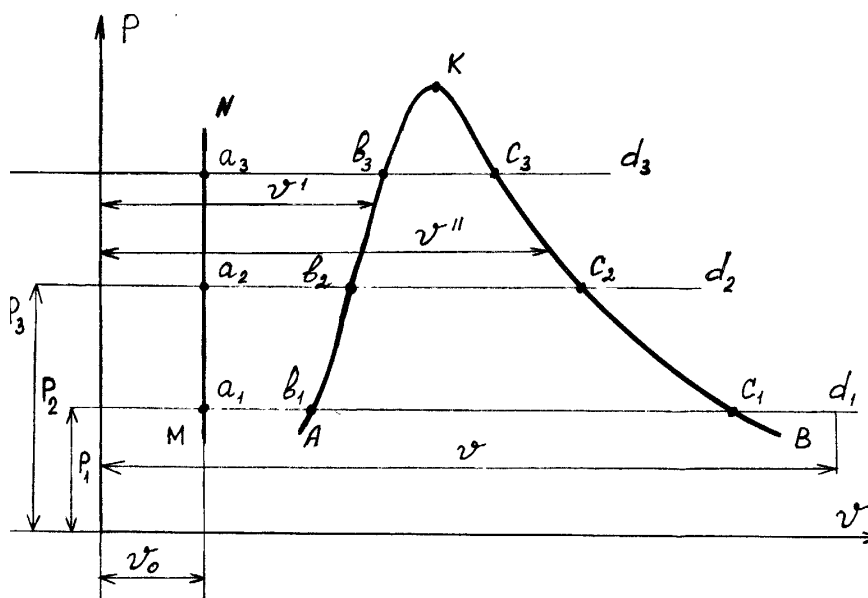
Агар  $X = 0,6$  бўлса,  $y$  ҳолда  $Y = 1 - 0,6 = 0,4$  бўлади, тўйинган нам буғ 60% қуруқ буғ билан 40 % сууюқликдан (сувдан) иборат бўлади.

Агар тўйинган қуруқ буғга ўзгармас босимда иссиқлик берилса, унинг температураси кўтарилиб, ҳажми ортади ва ҳосил бўлган буғ ўта қизиган буғ дейилади.

## 2. Буғ ҳосил бўлиш процессининг $P$ - $\vartheta$ диаграммада тасвирланиши

Сууюқлик ва буғдан иборат системанинг фазовий  $P$ - $\vartheta$  диаграммаси, сув ва буғ солиштирма ҳажмининг босимга боғлиқлик графигидан иборат.

Сув температураси  $0^0$  С ва босими  $P$  бўлганда солиштирма ҳажми  $\vartheta$  бўлсин (6.1- расм), бу ҳолат  $a_1$  нуқтага мос келади.



6.1 - расм.

Агар ўзгармас  $P_1$  босимда сувга иссиқлик берсак, сувнинг солиштирма ҳажми ва температураси ортиб боради. Сувнинг температураси  $P_1$  босимга мос  $t = t_m$  бўлган  $b_1$  нуқтада қайнаш бошланади. Бу вақтда сув  $\vartheta$  ҳажми эгаллайди. Иссиқлик беришни давом эттирсак  $b_1 - c_1$  чизик бўйича буғ ҳосил бўлиш процесси амалга

ошади. Бу процесда температура ўзгармасдан қолади ( $t_m = \text{const}$ ) чунки шу вақтда келтирилган иссиқлик сув ва буғ температурасининг кўтарилишига эмас, балки фақат молекулалар орасидаги тортишиш кучларини енгишга ва буғнинг кенгайиш ишига сарфланади. Бу процесда икки фазали муҳит: сув + буғ бўлади, бу муҳит **тўйинган нам буғ** дейилади.

Нуқта С да суюқликнинг охирги зарраси ҳам буғга айланиб  $\mathcal{Q}$  ҳажми эгаллайди ва тўйинган қуруқ буғ ҳосил бўлади. Агар тўйинган қуруқ буғга ўзгармас босимда иссиқлик келтирилиши давом эттирилса, ўта қизиган буғ ҳосил бўлади. Ўта қизиган буғнинг ҳолатини белгиловчи d нуқта қанчалик кўп иссиқлик миқдори келтирилса шунчалик ўнгрот томонга силжийди. Бу пайтда унинг температура ва солиштирма ҳажми  $\mathcal{Q}$  ортиб боради.

Энди сувнинг юқорида  $P_2$  босимда ( $P_2 > P_1$ ) буғга айланиш процессини кўриб чиқамиз. Маълумки, босим ортиши билан қайнаш температураси ҳам кўтарилади. Сув сиқилмайдиган модда бўлганлиги сабабли, унинг дастлабки ҳажми ўзгармасдан  $\mathcal{Q}_0$  га тенг бўлиб қолади (нуқта  $d_2$ ).

Сувнинг қайнаш бошланишини кўрсатувчи  $b_2$  нуқта (қиздирилганда кенгайиш ҳисобига)  $b_1$  нуқтадан ўнг томонда жойлашади, яъни ҳажми  $\mathcal{Q}$  ( $\mathcal{Q}_{b_2} > \mathcal{Q}_{b_1}$ ) кўпаяди. Тўйинган қуруқ буғнинг ҳолатини белгиловчи С нуқта эса С нуқтадан чапроқда жойлашади. Демак, босим ва температура ортиши билан тўйинган қуруқ буғнинг солиштирма ҳажми  $\mathcal{Q}$  ( $\mathcal{Q}_{c_2} < \mathcal{Q}_{c_1}$ ) камаяди.

Юқорида кўриб чиққан имиздек  $P_3 > P_2$  босимда  $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_3$  ва  $d_3$  нуқталар ҳосил бўлади.

Агар сувнинг қайнаш нуқталари  $b_1$ ,  $b_2$  ва  $b_3$  ни ўзаро бирлаштирсак, суюқликнинг чегара эгри чизиғи АК ҳосил бўлади. АК чизиқнинг исталган нуқтасида буғ сақлами  $x=0$  бўлади.

Агар  $C_1$ ,  $C_2$  ва  $C_3$  нуқталарини ўзаро туташтирсак, буғнинг чегара эгри чизиғи ВК ҳосил бўлади. Бу  $P$  ва  $\mathcal{Q}$  нинг исталган қийматларида буғ сақлами  $x=1$  бўладиган чизиқдир.

АК ва ВК эгри чизиқлар диаграммани қуйидаги уч соҳага бўлади: АК ва ВК чегара эгри чизиқлар орасидаги тўйинган буғ соҳаси; ВК эгри чизиқдан ўнгротда ва К нуқтадан юқорида жойлашган, ўта қизиган буғ соҳаси;

АК эгри чизиқдан чапда жойлашган суюқлик соҳаси.

АК ва ВК чегара эгри чизиқлар туташадиган К нуқта **критик нуқта** дейилади. Бу нуқтада суюқлик билан унинг тўйинган буғи орасидаги фарқ йўқолади, яъни модда газ ва суюқ жисмларнинг хоссаларига эга бўлади.

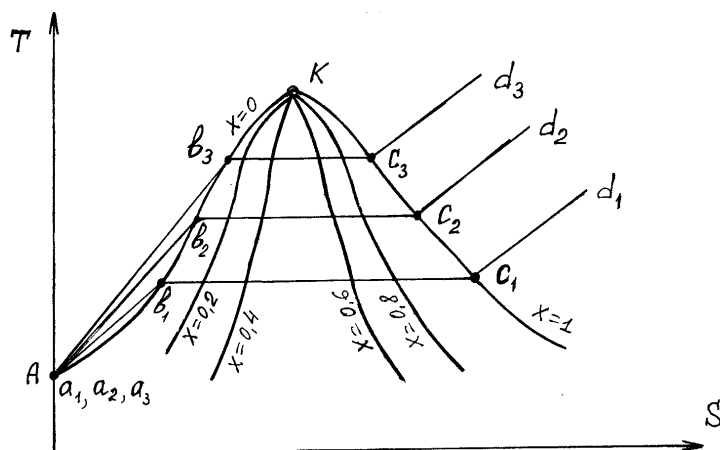
Сув буғи учун критик параметрлар қуйидагича:  $t = 374,12$  °С  $\mathcal{Q}_k$   
 $= 0,003147 \text{ m}^3 / \text{кг}$ ;  $P_k = 22,1145 \text{ МПа}$ ;  $i_k = 2095,2 \text{ кДж/кг}$ ;  $S_k = 4,424 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$

### 3. Сув буғининг T-S ва I-S диаграммаси

T-S - диаграммада процесс эгри чизиғининг остидаги юза билан, жисмга берилган ёки ундан олинган иссиқлик миқдори аниқланади.

6.2.-расмда сув буғининг Ts - диаграммаси тасвирланган. Буғланиш процессининг Pv - диаграммасидаги ҳар бир нуқтасини TS - диаграммасига кўчирамыз.

Ts- диаграмма термодинамик процесслар ва цикллари текширишда, яъни процесдаги иссиқлик миқдори ва қайтар циклларида иш миқдорини топишда кенг қўлланилади. Бундан ташқари Ts- диаграммада температура ўзгаришини аниқ кўриш мумкин. Диаграмманинг ноқулайлиги шундан иборатки, иссиқлик миқдорини аниқлаш учун ҳар гал тегишли юзаларни ҳисоблаб чиқиб топишга тўғри келади.



6.2 - расм.

Агар энтропия диаграммасининг ординаталари ўқига энтальпия қийматлари қўйилса, у ҳолда  $S=\text{const}$  бўлгандаги иш ва  $P=\text{const}$  бўлгандаги иссиқлик миқдори Ts -диаграммадагидек юзалар билан эмас, балки чизиқ кесмалари билан тасвирланади.

Буғ процеслари ва цикллари термодинамикавий текшириш ҳамда ҳисоблашда i-s диаграммадан фойдаланиш ҳисоблаш методикасини анча соддалаштиради.

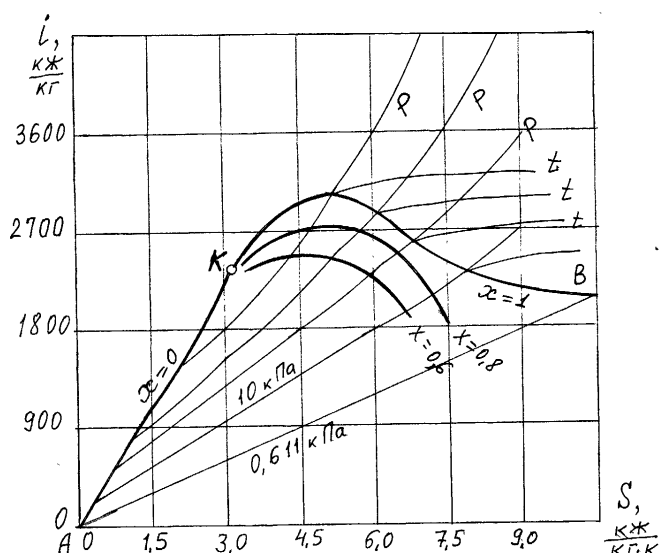
6.3.- расмда сув буғи учун - is диаграмма схема тарзида кўрсатилган.

Термодинамикада  $0^0$  С температурадаги энтропия ва энтальпия шартли равишда нолга тенг деб ҳисобланади. Бу ҳолат is- диаграммада координаталар боши билан тасвирланади.

Сувнинг АК ва буғнинг ВК эгри чизиқлари критик нуқта К да тутшиб диаграммани икки соҳага бўлади. Бу эгри чизиқлардан юқорида ўта қизиган буғ соҳаси, пастда эса тўйинган нам буғ соҳаси жойлашган.

Тўйиниш соҳасидаги изобаралар ноль нуқтадан бошланиб, босим қанчалик катта бўлса, изобаралар шунчалик юқорида жойлашади.

Ўта қизиган буғ соҳасида юқоридаги чегара эгри чизикда изобара ва изотермалар бир-биридан ажралади.



6.3 -расм.

### Мавзу юзасидан назорат саволлари

1. Буғланиш жараёни.
2. Буғларнинг турлари.
3. Буғнинг қуруқлик даражаси.
4. Сув буғининг P $\vartheta$  ва TS - диаграммалари.
5. Сув буғининг параметрлари.
6. Сув буғининг is - диаграммаси.
7. Критик нуқта нима?
8. Босимни буғланиш жараёнига таъсири.
9. Ts ва is - диаграммаларда иссиқликни аниқлаш.