

КОМБИНАЦИЯЛАШТИРИЛГАН РАДИАЦИОН-КОНВЕКТИВ ҚУЁШ ҚУРИТГИЧИДА МЕВАЛАРНИ ДИСПЕРС ҚАТЛАМ ГИДРОДИНАМИКАСИНИ МОДЕЛИ.

И.Л.Неъматов¹, Б.Э.Хайриддинов²

1.Қарши муҳандислик иқтисодиёт институти,

2.Қарши давлат университети

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14835767>

Аннотация: Мақолада мева-сабзавот ва полиз маҳсулотларини мажбурий-конвектив қуриштиш жараёнининг гидродинамик модели таклиф қилинган бўлиб, иссиқлик ташувчи оқимини қуриштиладиган маҳсулотга йуналиши, маҳсулот қатламининг дисперслик даражаси, сфероидлар, ясси диск ва ясси пластина қўринишларида қуриштиш гидродинамикаси пластмассали, металл ва ёғоч панжарали таянчлар мисолида зарурий формулалар ва мезонли тенгламалар асосида моделлаштирилган.

Калит сузлар: мева-сабзавот маҳсулотлари, мажбурий-конвектив қуриштиш, намлик, гидравлик қаршилиқ, ламинар оқим, сфероид, ясси диск, ясси пластина, маҳсулот қатлами.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ДИСПЕРСНОГО СЛОЯ ФРУКТОВ В КОМБИНИРОВАННОЙ РАДИАЦИОННО-КОНВЕКТИВНОЙ СОЛНЕЧНОЙ СУШИЛКЕ.

Аннотация: В статье предложена гидродинамическая модель принудительно-конвективной сушки плодоовощной продукции, в которой направление потока теплоносителя к высушиваемому продукту степень дисперсности слоя продукта, гидродинамика сушки плодов и овощей в виде сфероидов, плоских дисков и плоских пластин, а также опор с пластмассовыми, металлическими и деревянными решетками, смоделирован на основе необходимых формул и критериальных уравнений

Ключевые слова: плодоовощная продукция, принудительно-конвективная сушка, влажность, гидравлическое сопротивление, ламинарный поток, сфероид, плоский диск, плоская пластина, слой продукта

MODELING THE HYDRODYNAMICS OF THE DISPERSED LAYER OF FRUITS IN A COMBINED RADIATION-CONVECTION SOLAR DRYER.

Abstract: In the article, a hydrodynamic model of forced-convective drying of fruits and vegetables and sugar products is proposed, the direction of the heat carrier flow to the product to be dried, the degree of dispersion of the product layer, the hydrodynamics of drying in the form of spheroids, flat disks and flat plates are used as examples of supports with plastic, metal and wooden bars. modeled on the basis of necessary formulas and criterion equations.

Keywords: fruit and vegetable products, forced-convective drying, humidity, hydraulic resistance, laminar flow, spheroid, flat disc, flat plate, product layer

КИРИШ

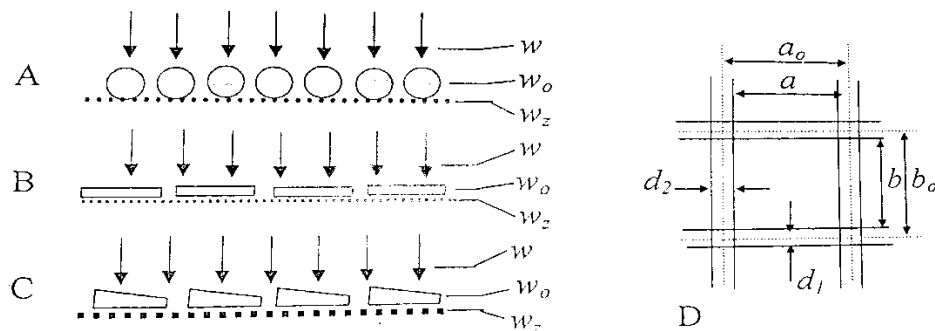
Меваларнинг дисперс қатламининг гидродинамикасини мажбурий конвектив қуриштиш шароитида ўрганиш муҳим амалий аҳамиятга эга: меваларнинг дисперс қатламининг гидравлик қаршилигини ва мажбурий шамоллатиш тизимидаги энергия

харажатларини аниқлаш; таркибий, технологик ва операцион муаммоларни ҳал қилишга қаратилган.

ТАДҚИҚОТ МЕТОДОЛОГИЯСИ

Қуёш нурида қуритиш бўйича мавжуд адабиётларда мажбурий конвектив қуритиш шароитида турли хил меваларнинг дисперс қатламининг гидродинамикасининг муаммолари соддалаштирилган тарзда ҳал қилинади: меваларнинг дисперс қатламининг гидравлик қаршилиги назарий ёки экспериментал равишда асосланмаган; Шунингдек мажбурий конвекцияни таъминлаш учун энергия харажатлари ва бу харажатларнинг қуёш қуритиш мосламасининг иссиқлик балансидаги улуши аниқланмаган.

Ҳар хил меваларни анъанавий термал ва қуёш-конвектив қуритиш пайтида мфҳсулотлар қатлам сеткали (тўрли) стелажларга жойлаштирилди (1-расм).



1-расм. Қуритиладиган меваларни стелаж қатламларида жойлашиши.

Стационар қатламнинг гидродинамикасини кўриб чиқишда иккита асосий модел қўлланилади [2,3], уларда заррачалар қатлами сифатида қаралади.

- характерли гидравлик диаметрига эга бўлган ўраш каналлари тизими (ички вазифа - филтрлаш модели);

- ҳаракатланувчи оқим атрофида учиб юрувчи заррачалар тўплами (ташқи муаммоли оқим модели).

Биринчи модел жуда кенг тарқалган. Иккинчи модел табиийроқ бўлиб, меваларни қуритиш жараёнларининг физик характеристикасини акс эттиради.

Мева қатламидаги босимнинг пасайиши, қатламнинг ўзи ва тутувчи тўрнинг гидравлик қаршилиги билан аниқланади; иссиқлик ташувчи ҳаво оқимининг тезлигига, ғоваклиги, қатлам ва панжаранинг қўполлигига; деворларнинг шаклига геометрик ўлчамларига ва оқим йўналишга боғлиқ бўлади.

Қуритиш жараёнларида меваларнинг стационар қатламининг гидродинамикаси қуйидаги метадолик шароитларда кўриб чиқилади (1-расм):

1. Иссиқлик ташувчи ҳаво оқимининг йўналиши қатлам текислигига перпендикуляр. Бу йўналиш энг мақбул бўлиб, барча заррачалар учун тенг қуритиш шароитларини таъминлайди.

2. Дисперс қатламнинг ўлчамлари заррача катталикларидан икки марта каттароқдир, шунинг учун деворларнинг қатламларини гидродинамикасига таъсири ҳисобга олинмайди.

3. Қуритиш материали - мевалар шаклига кўра уч турга бўлинади:

- сфероидлар: ўрик, узум, олхўри ва бошқалар (1-расм 1А);

- текис дисклар: олма, беҳи, нок ва бошқалар бўлақларга бўлинади (1Б-расм);

текис пластиналар: қовун қирқимлари (1С-расм).

4. Тутқич панжаралари сифатида пластик ва металл тўр, ёғоч панжара ишлатилган.(1 D-расм)

Қатламдаги оқим режимини аниқлаш учун қуритиш объекти сифатида турли хил меваларнинг дисперс қатламларининг гранулометрик параметрлари дастлабки $W_H=100\%$ ва охириги W намлигида қуритиш амалиётига хос бўлган, экспериментал равишда ўрганилди: ўриклар (сфероидлар), олмалар (дисклар), қовунлар (пластиналар). Қатламдаги иссиқ ҳаво оқим тезлиги қатламнинг ғоваклилиги билан белгиланади:

$$w_0 = w/\varepsilon. \quad (1)$$

Қатламдаги иссиқ ҳаво оқим режими Рейнолдс сони билан аниқланади: филтрлаш модели учун

$$Re = wd_3/v\chi \quad (2)$$

оқим модели учун

$$Re = 2wd_3/3v\chi. \quad (3)$$

Оқим тезлиги $w = 0,80 \dots 1,0$ м/с диапазонда мажбурий конвекцияга хосдир. Табиий ҳаво оқимининг конвектив оқим тезлиги $w < 0,8$ м/с дан ошмайди. Ҳаво оқимининг $w > 0,8$ м/с тезликда бўлиши оқимнинг тўлиқ турбулентлик режимида содир бўлади ва қатламнинг гидравлик қаршилиги кескин ортади. Меваларнинг дисперс қатламининг гидродинамик характеристикалари учун иссиқлик ташувчи ҳаво оқимининг тезлиги $w = 0,8 \dots 1,0$ м/с га тенг.

Тадқиқот Натижалари Ва Муҳокамаси

Камерали куёш қуритгич мосламасида, маҳсулот қуритиш камерасига жойлаштирилади. Қуритиш агенти иссиқ ҳаво ҳажмий ҳаво қиздириш куёш коллекторида вентелятор ёрдамида қизиган ҳаво (40-50°C) етказиб берилади. Бу қизиган ҳаво қуритиладиган маҳсулот қатламлари орқали конвектив усулида амалга ошади. Бундай мосламаларда ранги ёрқин (оқ майиз, кишмиш, олма, нок, қовун) мева-сабзавотларни қуритиш мақсадга мувофиқ бўлиб, тайёр маҳсулотни қуритишни сифатли бўлишини таъминлайди. Камерали куёш қуритиш мосламаларининг ишлаб чиқариш самарадорлиги 1 м^2 қуритиш стелаж турида 18...10 кг ҳўл маҳсулот ёйилади ва 3,8...4,2 кг ҳўл маҳсулот ёйилади ва 3,8...4,2 кг тайёр маҳсулот олишни таъминлайди [1].

1-жадвалда назарий ва экспериментал тадқиқотлар йўли билан олинган турли хил мевалар қатламидаги оқим режимининг параметрлари кўрсатилган, иссиқлик ташувчи ҳаво оқими ҳарорати 40 °C бўлганда: 1-жадвалдан кўриниб турибдики, кўриб чиқиладиган барча мевалар учун $Re = 2 \cdot 10^3$ шarti бажарилади ва барча ҳолатларда оқим режими ламинардир.

Сферик ва бўлақларда (тартибсиз шакли) кўйилган материалларнинг тасодифий тўпламларида босимнинг фарқини ҳисоблаш учун кўплаб формулалар мавжуд [2-5]. Хорижий ва маҳаллий амалиётда Эрган формуласи (ички муаммо) кўпинча (2) формулага мувофиқ $0,1 < Re < 10^4$ да ишлатилади [6,7].

$$\Delta P_0 = \frac{H\chi^2 \rho v w}{\varepsilon^3 d_3^2} \xi_0; \quad (4)$$

$Re < 2 \cdot 10^3$ учун Карман-Козений (ташки вазифа) формула (3) бўйича [2,3,5].

$$\Delta P_0 = \frac{9H\chi^2 \rho v w}{2\varepsilon^3 d_3^2} \xi_0 \quad (5)$$

Кичик Рейнолдс сонларида (ламинар режим $Re < 2 \cdot 10^3$) формула (4) формула (5) га айланади.

Қатламнинг гидравлик қаршилик коэффиценти куйидагича кўринишда ифодаланади [6]:

$$\xi_0 = A + B/Re \quad (6)$$

Ушбу қовушқоқлик коэффиценти ва Рейнолдс сони ўртасидаги боғлиқликни ифодалайди. (6) формуладаги доимий A ўрта қисмдаги қаршиликни акс эттиради. $Re > 10^3$ режимда бўлиб (олд қаршилик), иккинчи ҳад B/Re $Re > 10^3$ Стокс режимда (ёпишқоқ қаршилик). Адабиётда сферик жисмлар ва бўлак материаллар учун ифодалар (7) берилган: ички вазифа учун

$$\xi_0 = 150 + \psi 1,75 Re; \quad (7)$$

ва ташқи вазифа учун

$$\xi_0 = 73 + 0,28 Re/\psi; \quad (8)$$

Сферик жисмлар учун (7) ва (8) формулалар жуда аниқ натижалар беради [2,5]. Ясси дисклар ($d \gg h$) ва пластиналар ($h < d \ll l$) учун формулалар (7) ва (8) сезиларли оғишларни беради, чунки бу формулалар изометрик шаклдаги жисмлар учун ($d \approx h \approx l$). Интерполяция ва энг кичик квадратлар усулларида фойдаланиб, дисклар ва пластиналар учун (7) ва (8) формулалар бўйича доимийларни аниқладик [6,7,8].

1) ички вазифа учун:

текис дисклар $\xi_0 = 120 + \psi \cdot 0,45 Re;$ (9)

текис пластиналар $\xi_0 = 95 + \psi 0,21 Re;$ (10)

2) ташқи вазифа учун:

текис дисклар $\xi_0 = 17 + 0,18 Re/\psi;$ (11)

текис пластиналар $\xi_0 = 17 + 0,16 Re/\psi;$ (12)

1-жадвалда турли дисперс қатламларнинг гидродинамикасини ҳисоблаш натижалари келтирилган. Сфероид пластиналар учун гидравлик қаршилик коэффицентлари ξ_0 дисклар ва пластиналарга қараганда юқори. Сфероидлар ёпишқоқ ишқаланиш (сферик юзалар атрофидаги оқим) ва паст қаршиликка қарши устунликка эга. Ясси дисклар ва плиталар юқори тортишиш (катта ўрта қисм) ва паст ёпишқоқ қаршилик (кичик қалинлик) га эга. Сфероидлар қатламидаги босимнинг пасайиши ΔP_0 дискларга қараганда паст, пластиналар учун эса дискларга қараганда юқори. Бу қатламдаги босимнинг пасайиши асосан қаршиликка боғлиқлигини айтишга имкон беради, чунки:

- сфероидлар яхши текисланган сиртларга эга, нисбатан ёпишқоқлиги шунинг учун паст қаршиликка эга;

- дисклар катта горизонтал юзаларга эга, юқори қаршилик ва - паст ёпишқоқликка эга,

- пластиналар мутаносиб равишда сезиларли даражада горизонтал ва вертикал сиртларга эга, мутаносиб равишда катта қаршиликка ва ёпишқоқликка эга.

1-жадвалдан кўриниб турибдики, (4) боғлиқлик (5) дан кўра қатламдаги босим тушишининг юқори қийматларини беради.

Қуришиш вақтида меванинг қисқариши натижасида χ қатламининг концентрацияси 1,4...5,8 марта камаяди. Материалнинг W_k охириги намлигида қатламдаги босимнинг пасайиши ΔP_0 ундан 10 ёки кўп марта камаяди (1-жадвал).

Тўрлар ва панжаралар гидравлик жиҳатдан бир хил тақсимланган маҳаллий қаршилик сифатида қабул қилинади [7,8]. 1 D Расмда панжара катакчаларининг дизайн диаграммаси кўрсатилган.

Асосий гранулометрик ва гидродинамик параметрлар мумкин бўлган максимал қадоқлаш билан турли хил меваларнинг тарқалган қатламлари сонлар сураида W_H , махражиди W_K қийматлар келтирилган.

1-жадвал

Параметр	Сфероид	Диск	Пластина
$W_K, \%$	19-20	19-20	17-19
$d, \text{м}$	$\frac{0,0315}{0,0211}$	$\frac{0,049}{0,0405}$	$\frac{0,035}{0,0238}$
h, l, m		$\frac{0,01}{0,004}$	$\frac{0,02}{0,005}; \frac{0,3}{0,25}$
f	0,921	0,648	0,527
ψ	1,09	1,543	1,897
d_3	$d \times \psi$	$\frac{d}{2} + h$	$(d + h)/2$
χ	$\frac{0,523}{0,234}$	$\frac{0,773}{0,55}$	$\frac{0,795}{0,136}$
ε	$\frac{0,477}{0,766}$	$\frac{0,227}{0,45}$	$\frac{0,205}{0,864}$
$w, \text{м/с}$	0,2...0,5	0,2...0,5	0,2...0,5
$w_0, \text{м/с}$	$\frac{0,42 \dots 1,05}{0,26 \dots 0,65}$	$\frac{0,88 \dots 2,20}{0,44 \dots 1,11}$	$\frac{0,98 \dots 2,44}{0,23 \dots 0,58}$
Re по (2)	$\frac{744 \dots 1861}{1114 \dots 2789}$	$\frac{501 \dots 1252}{501 \dots 1252}$	$\frac{544 \dots 1360}{1415 \dots 3536}$
Re по (3)	$\frac{496 \dots 1241}{743 \dots 1857}$	$\frac{333 \dots 834}{334 \dots 835}$	$\frac{363 \dots 907}{943 \dots 2358}$
ξ_0 по (7)(9)(10)	$\frac{1564 \dots 3689}{2263 \dots 5444}$	$\frac{467 \dots 989}{468 \dots 989}$	$\frac{312 \dots 637}{658 \dots 1504}$
ξ_0 по (8)(11)(12)	$\frac{201 \dots 393}{265 \dots 552}$	$\frac{56 \dots 114}{57 \dots 114}$	$\frac{48 \dots 93}{97 \dots 216}$
$\Delta P_0, \text{Па}$ по (4)	$\frac{0,401 \dots 2,398}{0,0426 \dots 0,25}$	$\frac{0,792 \dots 4,189}{0,047 \dots 0,215}$	$\frac{1,21 \dots 6,202}{0,0013 \dots 0,007}$
$\Delta P_0, \text{Па}$ по (5)	$\frac{0,235 \dots 1,15}{0,0223 \dots 0,117}$	$\frac{0,426 \dots 2,179}{0,022 \dots 0,112}$	$\frac{0,834 \dots 4,097}{0,0008 \dots 0,005}$

Панжара орқали ўтадиган иссиқлик ташувчи ҳаво оқимининг филтрлаш тезлиги

$$w_z = w_0/3 \quad (9)$$

Панжарадаги босим фарқи

$$\Delta P_z = \frac{\rho w_z^2}{2} \xi_z \quad (10)$$

Гидравлик қаршилик коэффициентлари [6] га мувофиқ белгиланади ва пластик тўрлар энг паст (кичик тешиқлар) ва ёғоч панжаралар ҳамда уларнинг оралиғидан иборат деб олинади. Қатламнинг гидравлик қаршилиги (сфероидлар) қанчалик паст бўлса, панжаранинг таъсири шунчалик катта бўлади; Қатламнинг (пластинанинг) гидравлик қаршилиги қанчалик катта бўлса, панжара таъсири шунчалик кам бўлади. Оқим тезлиги ошиши билан панжаранинг

таъсири кучаяди, бу табиийдир. Чекланган мева намлиги W_k да қатламдаги босимнинг фарқи ΔP_0 камаяди. Тутувчи панжаранинг умумий босим тушишига ΔP таъсирини оширади.

Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, қатлам зарралари атрофидаги оқим модели физик нуқтаи назардан реалроқдир, чунки қатламнинг умумий қаршилиги аслида барча заррачалар қаршиликларининг йиғиндисидир [9,10,11]. Юқоридаги натижалар қатламдаги меваларни максимал даражада қадоқлаш шарти учун олинган. Ҳақиқий шароитда қадоқлаш зичлиги паст бўлади ва қуритиш жараёнида (меванинг қисқариши натижасида) χ концентрацияси пасаяди. Қатламнинг камайиши билан филтрлаш модели тобора сунъий бўлиб боради ва турли шароитларда умуман мос келмайди.

Агар қадоқлаш бўш бўлса ва қуритишда меванинг қисқариши жараёнида заррачалар орасидаги масофа ошади. Шартга кўра [9]

$$L > 2\delta \quad (11)$$

зарраларнинг ўзаро таъсирини эътиборсиз қолдириш мумкин ва дисперс қатламнинг элементлари алоҳида заррачалар йиғиндиси сифатида кўриб чиқилади (оқими модели бутунлай ташқи вазифа). Бундай шароитларда гидродинамик ҳисоблар учун алоҳида тартибга солинган жисмлар учун тавсия этилган ифодалар қўлланилади. (2-жадвал)

2-жадвалда ҳар хил меваларнинг тутувчи панжаралари ва дисперс қатламларининг асосий гидродинамик кўрсаткичлари:

1-пластмасса ва 2-металл тўр; 3-ёғоч панжара; сонлар суратида W_n , махражида W_k

2-жадвал

Параметр	Панжара тури	Сфероид	Диск	Пластина
$w_z, \text{м/с}$	1	0,64...1,6	1,35...3,36	1,49...3,72
	2	0,5...1,26	1,06...2,65	1,17...2,94
	3	0,73...1,84	1,54...3,86	1,71...4,27
$Re, \text{по (15)}$	1	108...271	227...568	252...629
	2	60...151	127...317	140...351
	3	1195...2988	2512...6279	2781...6953
ξ_z	1	0,848...0,73	0,735...0,712	0,726...0,727
	2	0,378...0,305	0,316...0,276	0,311...0,274
	3	0,171...0,17	0,170...0,183	0,169...0,186
$\Delta P_z, \text{Па}$	1	0,189...1,02	0,726...4,39	0,879...5,5
	2	0,104...0,21	0,183...0,399	0,199...0,439
	3	0,0504...0,313	0,221...1,49	0,269...1,85
$\Delta P, \text{Па по (4)и (18)}$	1 2 3	$\frac{0,497 \dots 2,88}{0,125 \dots 0,578}$	$\frac{0,957 \dots 5,19}{0,135 \dots 0,720}$	$\frac{1,68 \dots 7,33}{0,0509 \dots 0,235}$
		$\frac{0,457 \dots 2,50}{0,085 \dots 0,366}$	$\frac{0,834 \dots 4,28}{0,0889 \dots 0,313}$	$\frac{1,32 \dots 6,29}{0,04 \dots 0,121}$
		$\frac{0,431 \dots 2,55}{0,0576 \dots 0,348}$	$\frac{0,0842 \dots 4,53}{0,0644 \dots 0,372}$	$\frac{1,36 \dots 6,58}{0,0147 \dots 0,087}$
		$\frac{0,326 \dots 1,64}{0,105 \dots 0,439}$	$\frac{0,591 \dots 3,18}{0,117 \dots 0,617}$	$\frac{1,3 \dots 5,22}{0,0505 \dots 0,233}$

	3	0,285 ... 1,25	0,468 ... 2,27	0,939 ... 4,19
		0,0648 ... 0,227		0,0701 ... 0,210
		0,259 ... 1,30	0,477 ... 2,52	0,976 ... 4,48
		0,0374 ... 0,210	0,045 ... 0,268	0,0142 ... 0,084

Куйида алоҳида мева зарралари йиғиндисининг моделини кўриб чиқайлик. Ҳар бир заррачадаги босимнинг ўзгариши

$$\Delta P_1 = \frac{\rho w^2}{2} \xi_1 \quad (12)$$

ва заррачалар қатламидаги умумий босимнинг ўзгариши

$$\Delta P_0 = \frac{2H\chi\rho w^2}{\varepsilon^3 d} \xi_1 \quad (13)$$

Формуладан аниқланади.

Бир заррача учун гидравлик қаршилик коэффициенти Рейнолдс сонининг функцияси

$$Re = wd_3/\nu \quad (14)$$

Ушбу функционал боғлиқликларни тавсифловчи кўплаб интерполяция формулалари мавжуд (4-10). Бу формулаларнинг барчаси турли шаклдаги изометрик жисмлар учун мўлжалланган.

3-жадвалда якуний намлик W_k да индивидуал мева зарралари қатламининг гидродинамик ҳисоблаш натижалари кўрсатилган. (5), (8), (10), (12), формулалар ёрдамида дисперс қатлам модели учун олинган натижаларни қиёсий таҳлил қилинган ва формулалар (13) ёрдамида алоҳида заррачалар йиғиндиси модели учун уларнинг яхши яқинлашувини кўрсатади (3-жадвал). Максимал тафовут $\pm 8\%$ дан ошмайди.

“Охирги намликдаги алоҳида мева зарралари қатламининг асосий гидродинамик параметрлари W_k

3-жадвал

Параметр	Сфероид	Диск	Пластина
w_0 , м/с	0,26...0,65	0,44...1,11	0,23...0,58
Re , по (22)	261...652	272...689	192...481
ξ_1	0,631...0,547	0,305...0,211	0,164...0,138
ΔP_0 , Па по (11)	0,026...0,143	0,027...0,115	0,00009...0,005
ΔP_0 , Па, 1	0,109...0,465	0,174...0,62	0,0506...0,238
По (11) и(12) 2	0,0686...0,254	0,0647...0,213	0,0403...0,122
3	0,0415...0,236	0,0396...0,271	0,0143...0,087

1-пластмасса ва 2-металл тўр, 3-ёғоч панжара

ХУЛОСА

Демак, (11)-шарт чегараловчи ҳисобланади, унга қатлам дисперс ўрам сифатида қаралади, ундан кейин у алоҳида заррачалар йиғиндиси сифатида қаралади. Динамик чегара қатламининг қалинлиги қуйидаги муносабат билан белгиланади [11]

$$\delta = 4,64d_3\sqrt{Re} \quad (15)$$

Заррачалар орасидаги масофани қуйидагича ифодалаш мумкин

$$L = d_3 \left(\sqrt[3]{\frac{\chi_{max}}{\chi}} \right) - 1 ; \quad (16)$$

χ_{max} - $L=0$ бўлганда қатламдаги заррачаларнинг максимал мумкин бўлган концентрацияси (15) ни ҳисобга олган ҳолда (11) дан концентрациянинг чегаравий қийматини χ_n аниқланди:

$$\chi_n = \chi_{max} \left(\frac{9,28}{\sqrt{Re}} + 1 \right)^3 \quad (17)$$

Демак, шартга биноан $\chi > \chi_n; \quad L < 2\delta$ (18)

Мевалар қатлами дисперс қадокланган деб қаралади - оқим модели ва гидродинамик ҳисоблаш (3), (5), (8), (11), (12), (14)-(18) формулалар бўйича амалга оширилади;

Шартга биноан $\chi < \chi_n; \quad L > 2\delta$ (19)

Мева қатлами алоҳида заррачалар йиғиндиси - тўлиқ ташқи оқим модели сифатида қаралади ва гидродинамик ҳисоблаш алоҳида тартибга солинган жисмлар учун (11)-(12), (14)- ифодалар ёрдамида амалга оширилади.

Қуритиш жараёнида мева маҳсулотининг қисқариши χ_n ўзгаришига сезиларли таъсир қилади, яъни қатлам гидродинамикасининг ўзгаришига олиб келади.

Меваларнинг дисперс қатламларининг берилган гидродинамик параметрлари қуритиш маҳсулоти ҳажмига қараб мажбурий шамоллатишнинг гидравлик ҳаракатларини аниқлаш ва шу асосда мажбурий шамоллатиш кувватини аниқлаш имконини беради.

Адабиётлар

1. Ким. В.Д., Хайриддинов Б.Э., Холлиев Б.Ч. Естественнo-конвективный сушка плодов в солнечных сушильных установках: практика и теория. –Т Фан. 1999. -378 с.
2. Справочник по теплообменникам. Том 1. -М.: Энергоатомиздат. 1987. -560 с.
3. Гольдштик М.А. Процессы переноса в зернистом слое. -Новосибирск.: ИТФ. 1984. -162 с.
4. Куцакова В.Е., Богатырев А.Н. Интенсификация тепло-и массообмена при сушке пищевых продуктов. -М.: Агропромиздат. 1987. -236 с.
5. Муштаев В.И., Ульянов Г.Г. Сушка дисперсных материалов. -М.: Химия. 1988. -352 с.
6. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. -М.: Машиностроение. 1975. -558 с.
7. Хайриддинов Б.Э, Холмирзаев Н.С “ҚУЁШ ЭНЕРГИЯСИДАН ФОЙДАЛАНИШНИНГ ФИЗИК АСОСЛАРИ ” Қарши НМЖУ-2020. 290 бет
8. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление. справочное пособие. -М.: Энергоатомиздат. 1990. -366 с.
9. Бронштейн Б.И., Фишбейн Г.А. Гидродинамика, массо-и теплообмен в дисперсных системах. -Л.: Химия: 1997. -276 с.
10. Протодьяконов И.О., Люблинский И.Е. Гидродинамика и массообмен в дисперсных системах жидкость-твердое тело. -Л.: Химия. 1987. -336 с.
11. Хайриддинов Б.Э, Холмирзаев Н.С, Умарова С.О “Энергетик ресурслар физикаси” Қарши “Интеллект” нашриёти 2023.275-бет