УДК 664.002.5(072)

УЛУТТУК "БОЗО" СУУСУНДУГУН ӨНДҮРҮҮ ҮЧҮН СҮЗҮП АЛУУЧУ ОРНОТМОНУН НЕГИЗГИ ӨЛЧӨМ МҮНӨЗДӨГҮЧТӨРҮН АНЫКТОО

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТРУЮЩЕ-ПРЕССУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАЦИОНАЛЬНОГО НАПИТКА «БОЗО»

FILTER-PRESSURE INSTALLATION FOR THE PRODUCTION OF THE NATIONAL BEVERAGE "BOZO" DETERMINATION OF MAIN PARAMETERS

А. Э. Садиева, Н. Т. Тилемишова, Н. Ж. Алымкулов
A. E. Sadieva, N. T. Tilemishova, N. Zh. Alymkulov

Макалада улуттук «Бозо» суусундугун шилегич чыпка-жубас орнотмодо иштеп чыгаруудагы чыпкалоо жана жубастоо жараянынын изилдөөсү жүргүзүлдү. Улуттук «Бозо» суусундугун иштеп чыгаруучу орнотмонун конструкциясы сунушталган. Сунушталган орнотмодо негизги жумушчу органы үч чөлкөмгө бөлүнгөн, качан чийки заттын жумушчу органда жылып бара жатканында чыпкалоону, аралаштырууну, экинчи чыпкалоону жана жубастоону өтөт. Ар бир чөкөмгө конструктивдү өлчөм мүнөздөгүчтөрүнүн эсептөө усулдугу келтирилген. Жараяндын ар бир чөлмөгүндөгү жумушчу органына (шилегичте) пайда болгон жүктөөсүнүн эсептөө усулдугу иштеп чыгарылды. Бул усулдук негизги көрсөткүчтөрүн эсептөөсүнө мүмкүндүк берет: чөлкөмдөрдөгү шилегичке таасир этүүчү күчтөрдү, шилегичтеги айлантуу ийин күчтү, чийки затты жылдырууга, аралаштырууга жана жубастоого талап кылынган кубаттуулукту. Добоорло эсептөөдө аныкталган геометриялык өлчөм мүнөздөгүчтөрдүн кереги тиет.

Проведено исследование процессов фильтрования и прессования при изготовлении национального напитка «Бозо» в установке шнекового фильтр-пресса. Предложена конструкция установки приготовления национального напитка «Бозо». В предлагаемой установке основной рабочий орган разделен на три зоны, где сырье по мере его продвижения вдоль рабочего органа проходит стадии фильтрования, смешивания, вторичного фильтрования и прессования. Для каждой из зон представлена методика расчёта конструктивных параметров. Разработана методика расчета

нагрузок рабочего органа (шнека) в разных зонах процесса. Разработана методика расчета нагрузки, позволяющей рассчитывать основные показатели шнека: усилие, действующее на шнек во всех зонах, крутящий момент на валу шнека, требуемую мощность, затрачиваемую на транспортирование, смешивание и прессование. Найденные геометрические параметры необходимы при выполнении проектных расчётов.

A study was made of the processes of filtering and pressing in the manufacture of the national drink "Bozo" in the installation of a screw filter press. The design of the installation for the preparation of the national drink "Bozo" is proposed. In the proposed installation, the main working body is divided into three zones, where the raw material, as it moves along the working body, passes through the stages of filtration, mixing, secondary filtration and pressing. For each of the zones, a method for calculating design parameters is presented. A method has been developed for calculating the loads of the working body (screw) in different areas of the process, the method for calculating the load allows you to calculate the main indicators of the screw: the force acting on the screw in all zones, the torque on the screw shaft, the required power spent on transportation, mixing and pressing, based on its geometric parameters, which is necessary when performing design calculations.

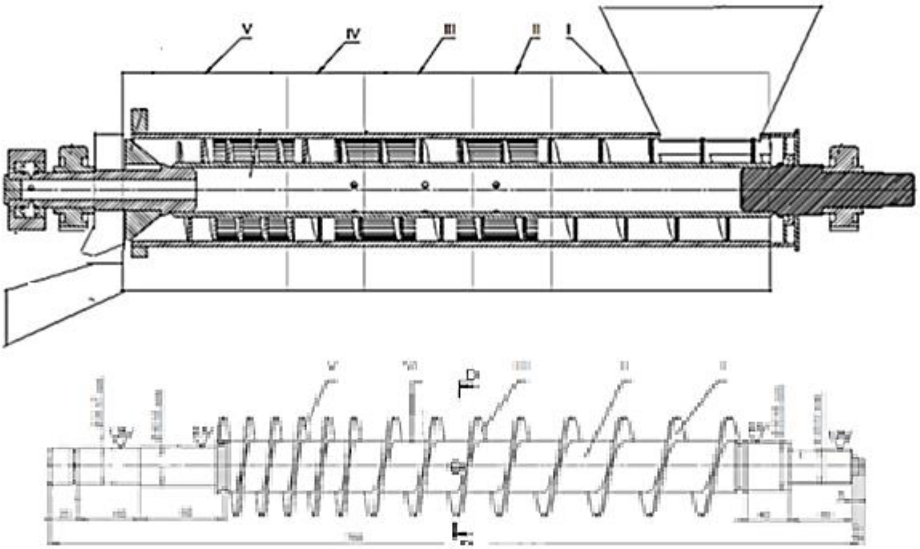
Түйүн сөздөр: *улуттук «Бозо» суусундугу, шилегичтин көңдөй октолгоочу, жубастоо, чыпкалоо, шилегич, тыгыздык, өндүрүмдүүлүк, бекемдик, кубатуулук*

Ключевые слова: *национальный напиток "Бозо", полый вал шнека, прессование, фильтрование, шнек, плотность, производительность, прочность, мощность.*

Keywords: *national drink "Bozo", hollow auger, pressing, filtering, auger, density, performance, strength, power.*

Кыргыз элинин кылымдардан бери ата-бабаларынан урпактарына улуу мурас болуп келе жаткан кымыз, максым, бозо, жарма, чалап сыяктуу улуттук суусундуктарын өнөр жайлык масштабда өндүрүүнүн мааниси зор экендиги шексиз. Бул суусундуктар көбүнчө дан жана сүт азыктарынан ачытуу жолу менен даярдалгандыктан экологиялык жактан таза, суусаганды кандыруучу жана ден-соолукка абдан пайдалуу болуучу азыктар болуп эсептелет. Ушул себертен акыркы жылдары ачытуу жолу менен алынган улуттук ичимдиктерге болгон талап күндөн-күнгө өсүп келе жатат. Кыргызстандын өнөр-жай азыктарынын сапатын жогорулатуу маселеси – бүгүнкү күндө абдан актуалдуу жана мамлекеттин экономикалык көйгөйлөрүнүн бири. Ал эми ачытуу жолу менен алынган суусундуктардын даярдоо

технологиясын жакшыртуу актуалдуу жана келечектүү багыт болуп саналат. Аталган улутук суусундуктар көптөгөн технологиялык жараяндардан өтөт. Алардын ичинен көп кол эмгегин талап кылган жараяндар дагы бар. Улуттук бозо суусундугун өндүрүүдө көптөгөн жараяндардын ичинен чыпкалап, жубастап алуу жарянында көйгөйлөр бар. Аталган технологиялык жараяндарды изилдөө боюнча белгилүү жумуштарды жалпылоо жана талдоо менен, азыркы убакта чыпкалап, жубастап алуучу машина жана механизмдердин жок экендиги анык болду. Ошол себептен «Бозо» суусундугун чыпкалап, жубастап алуу жараянын механдаштыруу максатында 1-чи сүрөттө көрсөтүлгөн сүзүп чыгаруучу орнотмонун конструкцясын сунуштайбыз.



1 – сүрөт. Улуттук «Бозо» сууусундугун алуучу орнотмо

Бул орнотмо 5 аймакка (зонага) бөлүнгөн: I – азыкты берүү аймагы, II – алдын ала чыпкалоо аймагы, III – жылуу суу берилип, аралаштыруу менен катар экстрациялоо аймагы, IV – экинчи ирэт чыпкалоо аймагы жана V – сыгып чыгаруу аймагы. Сунушталган конструкция техникалык натыйжага төмөндөгү жараяндар менен жетишилет – аралашма кабыл алуучу челектен шилегич аркылуу көзөнөктөлгөн жумурулук доолго берилип, оордук күчүнүн таасири менен доолдун тешикчелери аркылуу алдын ала чыпкаланат. Ал эми калган аралаштырманын

калдыгы шилегичти көздөй огу жана тешикчелери аркылуу берилген кайнатылган жылуу суу менен аралашат. Бул аймакта экстракция жараяны жүрөт. Жумурлук доол толугу менен көзөнөктөлгөндүктөн чыпкалоо жараяны үзгүлтүксүз жүрүп, экинчи ирет чыпкаланат. V – аймакта шилегичтин калактарынын кадамы азайгандыктан калган калдык орнотмонун аягына чейин сыгылат. Бул орнотмонун артыкчылыгы, анын иштөө мезгилинде бир нече жараян жүргүзүлүүдө, мисалы – азыкты ташуу, чыпкалоо, суу кошуп аралаштыруу менен бирге экстракциялоо жана жубастоо. Дагы бир өзгөчүлүгү катары жараяндардын үзгүлтүксүз жүрө турганын жана технологиялык жараяндардын жүрүү мөөнөтү, таталдыгы кыскарышы менен бирге керектелген энергиянын азаярын белгилеп кетсек болот [1].

Улутук «Бозо» суусундугун алуучу орнотмонун негизги өлчөм мүнөздөгүчтөрүн төмөндөгү ыкма менен эсептейбиз:

- чийки затты (жарма) отнотмого келип түшкөдөн кийин бурама боюнча жылган сайын чыпкалоо, аралаштыруу, экинчи чыпкалоо жана жубастоо этаптарын аныктоо;
- ушул этаптардын, орнотуунун долбоору көрсөткучтөрүнүн, ошондой эле чыпкалоо жараянын технологиялык көрсөткучүнүн ортосундагы байланышты аныктоо;
- чыпкалоо, аралаштыруу, экинчи чыпкалоо жана жубастоо жараяндары үчүн керектүү болгон өндүрүмдүүлүктү жана кубаттуулукту аныктоо.

Шилегич механизмдер тамак-аш өнөр жайынын ар кандай жабдууларында кеңири колдонулат, мисалы, бурама конвейерлерде, экструдерлерде, май жубастарында, аралаштыргычтарда ж.б. Чыпкажубастын жумушчу бөлүгүн долбоордук өлчөмдөрүн эсептөө боюнча ыкмаларын карап чыгып, «Бозо» улуттук суусундугун өндүрүү үчүн бир дагы орнотмо ылайыксыз экендиги аныкталды. Мындан тышкары, бир нече аймакты камтыган шилегичтуу орнотмолорду эсептөөлөрү буга чейин жүргүзүлгөн эмес. Мисалы, М. В. Соколовдун [4] эмгегинде шилегичтүү машиналардын кубаттуулугун эсептөөнүн эмпирикалык туюнтмасы көрсөтүлгөн, бирок анын негиздемеси келтирилген эмес, Мак-Келвинин [7] эмгегинде теориялык эсептөө ыкмалары негизделген формулалар келтирилген. Бирок бул эки

авторлор чийки заттарды эриген гана абалда экструзиялоо жараянын (пластмассаларды экструзиялоо) карашат.

Жогоруда айтылгандарга таянып орнотмонун негизги көрсөткучтөрүн эсептөө ыкмасын иштеп чыгуу, ошондой эле улуттук "Бозо" суусундугун өндүрүү үчүн чыпкалап-жубастоо орнотмосунун жумушчу бөлгүчүнүн жүктөмдөрүн иштеп чыгуу актуалдуу маселелердин бири болуп саналат.

Орнотмонун бөлүгү (шилегич) бир нече аймака бөлүнгөндүгүн эске алганда, өндүрүмдүүлүктү, жүктөмдөрдү эсептөөдагы ар бир аймак үчүн өзүнчө жүргүлүзүшү керек.

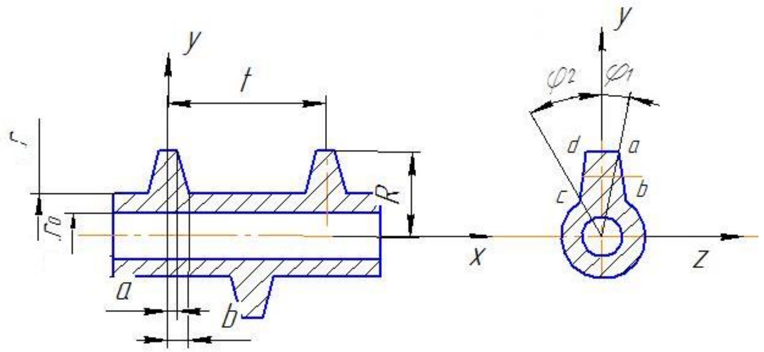
Шилегич чийки заттарды жылдырууга ылайыкталгандыктан анын аймагын кароодо, шилегичтин капталынан чийки затка болгон аракет эткен басым туруктуу деп эсептелет, ал эми өндүрүмдүүлүг бул аймакта убакыт бирдигине толгон көлөмүнө жараша аныкталат. Бул учурда шилегичтин көңдөй жагындагы чийки зат менен толтуруу даражасын жана анын физика-механикалык касиеттерин эске алуу керек. Шилегич айлануу учурунда чийки заттын жүрүшүнө ылайык спираль траекториясына байланыштуу, сүрүлүү күчтөр таасир этет.

Сунушталган орнотмодо шилегичтин калакчасынын кесилиш жагы трапеция формасында болгондуктан (2-сүрөт) геометриялык мүнөздөмөлөрү төмөдөгү теңдеме менен аныкталат:

$$\varphi_1 = 2\pi \frac{a}{t}; \qquad \varphi_2 = 2\pi \frac{b}{t}, \qquad (1)$$

бул жерде $2a - R$ радиустагы шилегичтин калыңдыгы ; $2b - r$ радиустагы шилегичтин калыңдыгы; t – шилегитчтин кадамы (калакчалардын аралыгы).

Иштелип жаткан азык шилегичтин бурулуу бурчундагы мейкиндикти толугу менен толтуруп, анын айлантуу учурунда азыктын жылышы бир айланууда калакчалардын аралыгынлагы t узундука барабар экени шексиз.



2 – сүрөт. Шилегичтин калакчасынын кесилиши

Массалык өндүрүмдүүлүктү, кебектин тыгыздыгы жана шилегичтин геометриялык көрсөткучтөрү аркылуу азыктын агымынын кесилишинин аянтынын Fn маанисин билдирип көлөмдүк өндүрүмдүүлүгүн алууга болот.

$$Q_m = z\omega F_n t \tag{2}$$

бул жерде z – шилегичтин кирүү саны; Fn –азык агымынын кесилишинин аянты; t – шилегитчтин кадамы (калакчалардын аралыгы) ($t{=}zt_0$, бул жерде t_0 – жанаша калакчалардын ортосундагы аралык); ω – шилегичтин айлануу ылдамдыгы

Материал агымынын кесилишинин аянты төмөндөгү тендеме менен аныкталат

$$F_n = F_m + F_B + F\text{л}, \tag{3}$$

бул жерде Fm – шилегичтин акыркы кесилишиндеги жалпы кесилишинин аянты; F_B - шилегичтин огунун кесилишиндеги аянты; $F\text{л}$ - шилегичтин калакчалардын кесилишиндеги аянты.

2-чи жана 3-чү туюнтмаларды эске алып төмөндөгү тендемени алсак болот

$$Q_m = \pi z\left(R_2^2 - R_1^2\right)\left(t - \frac{b_2 - b_1}{2\cos\alpha}\right)\omega 60\frac{\rho_2}{1000}, \tag{4}$$

бул жерде R_1, R_2 – шилегитчтин тышкы жана ички радиусу; b_1, b_2 - шилегитчтин тышкы жана ички радиусу боюнча

кесилишиндеги спираль калакчасынын туурасы; α – шилегич тилкесинин спиралынын бурчу; ρ_2 – азыктын тыгыздыгы.

Көңдөй октун аралашуу аймагында жайгашкан көзөнөк кайнатылган суунун үзгүлтүксүз берилишин камсыз кылат дагы, спираль сызыгы боюнча затынын жөрөшө заттын жумурунун дубалдарына сүрүлүшүнө шарт түзүп аралашуу жараянына алып келет.

Зат шилегичтин баардык калакчаларында бирдей бөлүштүрүлгөн деп эсептесек анда шилегичтин өндүрүмдүүлүгү кийинки үлүшүн түзөт дагы С. В. Мельниковдун теңдемеси боюнча аныктаса болот.

$$Q_{см} = \upsilon_n F \rho k_э k_{пр} \text{ же } Q_{см} = \left(D^2 - d^2\right) t\omega\rho, \qquad (5,6)$$

бул жерде D и d – шилегичтин жана октун диаметри, м; $k_э$ – шилегичтин аралыгында толуучу коэфициенти; $k_{пр}$ - азыктын артка сүзүлүп кетүүчү коэффициенти.

Эгерде азык Архимед спиралы боюнча жүрөт деп эсептесек, шилегичтин жумушчу кесилишинин аянты төмөндөгү теңдемелер менен аныкталат

$$F = F_k - F_{сп}, \qquad (7)$$

бул жерде $Fк$ – тегеректченин аянты, м^2; $Fсп$ – Архимед спиралынын аянты, м^2.

Архимед спиралынын аянты

$$F_{сп} = \frac{1}{2} r_{ср}^2 \int_0^{2x} \theta d\theta = \frac{4}{3} \pi^3 r_{ср}^2, \qquad (8)$$

бул жерде $r_{ср}$ – шилегичтин орто радиусу, м; $d\Theta$ – үзгүлтүксүз функция.

Ошондо

$$Q_{см} = 2\frac{2}{3}\pi^3 r_{ср}^3 \omega \sin\alpha(\cos\alpha - f\sin\alpha)\rho k_э k_{пр}, \qquad (9)$$

Ал эми өзгөлтөксөз шилегичтөө аралаштыргычтын өндүрүмдүүлүгү төмөндөгү теңдемеси менен сүрөттөлөт

$$Q = \pi \frac{D^2 - d^2}{2} \omega t \rho \psi, \qquad (10)$$

бул жерде ρ – азыктын тыгыздыгы, кг/см^3; ψ – өндүрүмдүүлүктүн коэффициенти.

Өндүрүмдүүлүк коэффициенти ψ шилегичтин ар бир айлануусу менен жылып турган азыктын көлөмүн көрсөтөт, анын негизинде орнотмонун иш жүзүндөгү көрсөткүчүн аныктоого болот. Өндүрүмдүүлүк коэффициенти ψ бөлүкчөлөрдүн формасына жана материалдын сүрүлүү коэффициентине жараша болот.

Жубастоо чөлкөмүндө шилегичтин аралыгы азайгандыктан, басым бурама огу боюнча акырындап көбөйүп, чийки заттын тыгыздалуусуна алып келет. Азык жубастоо чөлкөмүнүн аягында максималдуу тыгыздыкка жетет дагы сыгылган бөлүмүнүн түшүрүү үчүн жапкыч механизми иштей баштайт. Жубастоо чөлкөмүндө азык шилегичтин аралыгындагы жүрүшү бурама огу боюнча агымы төмөнкү теңдкме менен аныкталат:

$$Q_x = \pi \cdot D \cdot t(v-\delta) \cdot v \cdot \cos\theta \cdot \frac{fd}{2} - \frac{H^3 tfpd}{12 n \mu s} \cdot \frac{dP}{dx}, \quad (11)$$

бул жерде Qx – шилегичтин огу боюнча өнүмдүн көлөмдүк агымы, м^3/с; H – шилегичтин калакчаларынын тереңдиги, м; t – калакчаларынын аралыгы, м; δ - шилегич менен көзөнөктүү жумурунун ортосундагы ажырым, м; θ - циклдин жантайыш бурчу; v - шилегичтин ылдамдыгы, м/с; n – азыктын агымынын теңдемесиндеги кубаттуулук мыйзамынын көрсөткүчү; P – азыка блдгон басым, Па; x – шилегичтин каналынын аралыгы, м; fpd – басым агымындагы орто илешкектүүлүктү түзөтүүчү коэффициент.

Шилегичтин бурулуштарынын өзгөрүлмө кадамы менен жубастоо чөлкөмүндөгү өндүрүмдүүлүгү төмөнкү теңдеме менен чагылдырылышы мүмкүн:

$$Q = \frac{AK}{K + B + C}, \quad (12)$$

бул жерде A – жубастоо чөлкөмүндө өзгөрүлмө бийиктиктин геометриялык өлчөмдөрү менен түз агымдын туруктуу саны, см^3; B – жубастоо чөлкөмүндөгү өзгөрүлмө кадамы бар геометриялык өлчөмдөр менен тескери агымдын туруктуу саны, см^3; C – жубастоо

чөлкөмүндө өзгөрүлмө бийиктиктин геометриялык өлчөмдөрү менен туруктуу агып чыгуунун туруктуу саны, см^3.

A, B, C туруктуу сандар түмүндүгөдүй эсептелет

$$A = \frac{\pi^3 D(D-h)^2 hJ_1}{4\pi^2(D-h)^2 J_2 - J_3}; \tag{13}$$

$$B = \frac{\pi h^3 (D-h)\Delta t}{3\left[4\pi^2(D-h)j_2 - J_3\right]}; \tag{14}$$

$$C = \frac{\pi D^2 \delta^3 \Delta t}{5e(D-h)\left[\pi(D-h)J_4 + \Delta t J_5\right]}, \tag{15}$$

бул жерде *Δt*- чектеш кадамдардын ортосундагы айырмачылык; *J1, J2, J3, J4, J5* – шилегичтин өзгөрүлмө кадамы болгон конструкциясынын мүнөздөөчү коэффициенттер, алар төмөнкү теңдемелерден аныктоого болот.

$$J_1 = t_1 - t_3 + 2{,}3\Delta t \lg\frac{t_1}{t_3}; \tag{16}$$

$$J_2 = \frac{2{,}3}{2e}\left[(2e + \Delta t)\lg i - \Delta t \lg\frac{t_1}{t_3}\right]; \tag{17}$$

$$J_3 = (t_1 - t_3)(t_1 + t_3 + 2\Delta t + 6e) + 4{,}6e(\Delta t + 2e)\lg i; \tag{18}$$

$$J_4 = 2{,}3\lg\frac{tg\frac{\varphi_1}{2}}{tg\frac{\varphi_3}{2}} + 2\frac{\sin\frac{\varphi_1+\varphi_3}{2}\sin\frac{\varphi_1-\varphi_3}{2}}{\cos\varphi_1\cos\varphi_3}; \tag{19}$$

$$J_5 = 2\frac{\cos\frac{\varphi_1+\varphi_3}{2}\sin\frac{\varphi_1-\varphi_3}{2}}{\sin\varphi_1\sin\varphi_3} - 2{,}3\frac{tg\frac{90-\varphi_1}{2}}{tg\frac{90-\varphi_3}{2}}; \tag{20}$$

$$\Delta t = \frac{t_1 - t_3}{m-1} \text{ или } \Delta t = \frac{t_1^2 - t_3^2}{2L - t_1 - t_3}: \quad t_3 = \frac{t_1 + e(i-1)}{i}; \tag{21}$$

$$m = \frac{2L}{t_1 + t_3}, \tag{22}$$

бул жерде t_1 – сыгуу чөлкөмүнүн баш жагындагы шилегичтин кадамы, анын мааниси D аркылуу аныкталат $t_1 = (0,75...1,25)D$, см; t_3 – сыгуу аймагынын аяк жагындагы шилегичтин кадамы, см.

Анын мааниси кысуу коэффициенти i белгилүү болсо, жогорудагы теңдеме боюнча эсептелет; m – сыгылган чөлкөмүндөгү шилегичтин кадамдарынын саны.

Ал эми шилегичтин бетине октук күчтү проекциялоо аркылуу бураманын валына таасир этүүчү момент төмөндөгү теңдеме аркылу аныкталат

$$M = \frac{D \cdot F \cdot \zeta \cos^2 \alpha}{2}, \tag{23}$$

бул жерде ζ – шилегичин калакчасындагы азыктын сүрүлүү коэффициенти; α – шилегич сызыгынын бийиктик бурчу; F – октук күч; D – шилегичтин диаметри.

Алынган тендемелерди колдонуп орнотмонун кубатуулугу

$$N = \frac{2\pi \cdot n \cdot M \cdot 10^{-3}}{60}, \tag{24}$$

бул жерде n- шилегичтин айлануу жыштыгы.

Шилегичтүү жубастоонун иштөөсүн талдап, ага берилген кубаттуулук төмөндөгүдөй чыгымга келери белгиленди:

- бозонун тобун сыгылуу даражасына ылайык баштапкы көлөмдөн баштап акырына чейин жубастоо;
- сыгылуучу топ менен айлануучу шилегичтин огунун ортосунда пайда болгон сүрүлүү күчтөрүн жеңүү;
- жумурунун ички бети менен айланып турган бозонун тобунун ортосундагы сүрүлүү күчтөрүн жеңүү;
- муунак жаздыктардагы сүрүлүү күчүн жеңүү.

Ощентип жубастап чыпкалап алуучу жубаска керектелген кубатуулукту эсептөөдө сунушталган усулдугуна таянып, жубастын кубаттуулугунун өзгөрүшүн жана ар кандай факторлордун өзгөрүшү

менен шилегичтин майнаптуулугун талдоонун натыйжасында кубатуулукту эсептөөдө көптөн көп сыгылуучу топтун нымдуулугу, чыгуучу көзөнөктүн өлчөмү жана шилегичтин айлануу ылдамдыгы таасирдүүлүгү далилденди.

Адабият тизмеси

1. Патент КР № 2201. Установка для фильтрования и прессования национального напитка «Бозо» от 31.03.2020 г. Тилемишова Н. Т., Садиева А. Э.
2. Б. М. Сергеев. Расчеты на прочность деталей машин пищевых производств. – М.: Машиностроение, 1969 г.–143 с.
3. Груздев И. Э., Мирзоев Р. Г., Яиков В. И. Теория шнековых устройств. – Л.: Изд. Ленинградского университета, 1978. – 144 с.
4. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин: монография / М. В. Соколов, А. С. Клинков, О. В. Ефремов, П. С. Беляев, В. Г. Однолько. – М.: Машиностроение-1", 2004.– 248 с.
5. Структурно-параметрический синтез шнекового экструдера для отжима рапса: монография / М. А. Корякина, В. А. Шахов, А. П. Козловцев. – Оренбург: Изд-й центр ОГАУ, 2016. – 176 с.
6. Кошевой Е. П. Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел – СПб: ГИОРД, 2001. –368 с.
7. Разработка методики расчёта нагрузок на шнек и энергозатрат шнековых прессов. М. С. Татарьянц, С. И. Завинский, А. Г. Трошин, Технічні науки Scientific Journal «ScienceRise» № 6/2(11)2015