

FTAMP 65.09.03

А.Х. Хамитбек¹ – негізгі автор, | ©
А.Е. Кайрбаева², М.В. Копылов³



¹Магистр, ²PhD, ³Техн. ғылым. канд., доцент

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0003-2321-7686> ²<https://orcid.org/0000-0002-9578-7795>

³<https://orcid.org/0000-0003-2678-2613>



^{1,2}Алматы Технологиялық Университеті, Алматы қ., Қазақстан

³Воронеж мемлекеттік инженерлік технологиялар университеті
Воронеж қ., Ресей

@

¹khamitbekov00@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/RQQT4151>

БАЛҚАРАҒАЙ ЖАҢҒАҒЫНЫҢ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫНЫҢ ШАҒЫЛУ КҮШІНЕ ӘСЕРІН АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Зерттеуді жүргізу үшін балқарағай жаңғағы екі параллель панельдің арасына орналастырылды, олар жаңғақтың шағылуын бастау үшін қажетті шағылу күшін, деформациясын, қуатын және қаттылығын анықтады. Сынақтар жаңғақтың 5,4, 11,9, 19,1, 23,6 және 30,1% ылғалдылық мәндерінде және жаңғақ орналасуының екі түрінде (тік және көлденең) жүргізілді. Алғашқы жағдайда балқарағай жаңғағы тігінен орналастырылды, жаңғақтың үлкен осі жүктеу бағытына параллель болды. Келесі жағдайда көлденең жүктеу кезінде жаңғақтың үлкен осі жүктеу бағытына перпендикуляр болды. Жаңғақ пен ядроның физикалық сипаттамалары, яғни массасы, өлшемдері, орташа геометриялық диаметрі, сфералығы, сыртқы бетінің ауданы және қабықтың қалыңдығы анықталды. Балқарағай жаңғағының шағылуын бастау үшін қажетті күш жүктеменің тік және көлденең бағыттары ылғалдың жоғарылауымен 714,1-ден 220,3 Н-ға дейін және 521,4-тен 249,9 Н-ға дейін төмендеді. Сонда, шағылу орнындағы деформация және жаңғақ қабығын бөлуге қажетті қуат тік және көлденең бағытта жүктеме кезінде ылғалдың жоғарылауымен азайды деген тұжырымға келдік. Жаңғақ қаттылығының көрсеткіштері ылғалдылықтың жоғарылауымен төмендеді, және бұл төмендеу жүктеменің тік бағытында ылғал мөлшері 23,6% болғанға дейін жалғасты. Атап айтқанда, кез-келген ылғалдылықта көлденең бағытта жүктелген кезде ядролардың ыдырау үрдісі әрдайым байқалды. Нәтижелер балқарағай жаңғағын шағу үшін қолайлы машинаны жобалау кезінде инженерлердің пайдалануы үшін пайдалы деректер береді.

Тірек сөздер: балқарағай жаңғағы, жабдық, дәнді бұзбай тазарту, жаңғақ ылғалдылығы, шағылу күші, структурометр СТ-2.



Хамитбек, А.Х. Балқарағай жаңғағының ылғалдылығының шағылу күшіне әсерін анықтау [Мәтін] / А.Х. Хамитбек, А.Е. Кайрбаева, М.В. Копылов // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.9-22.
<https://doi.org/10.55956/RQQT4151>

Кіріспе. Балқарағай – негізінен Ресей және Шығыс Қазақстанда кең таралған ағаштардың бірі, және балқарағай жаңғағы Еуропада да, Солтүстік Америкада да танымал жаңғақ түрі болып табылады. Балқарағай жаңғағы балқарағай бүршігінің ішінде кездеседі. Балқарағай ядросы немесе балқарағай жаңғағы – дәрумендер мен ақуызы жоғары жеуге жарамды жаңғақ

болып табылады. Жалпы балқарағай жаңғағы В1 витаминінің (тиамин) жақсы көзі болып табылады. Балқарағай ядросы ет, балық және көкөністермен тағамдар дайындауда, сондай-ақ шоколад және кондитерлік өнеркәсіпте аспаздық ингредиент ретінде пайдаланылады [1-5].

Балқарағай жаңғағын жинаудан кейін, оны өңдеу кезінде дән ядросының сапасын сақтау және аршылған дәннің тағамдық құндылығын, құрамындағы дәрумендерін сақтау өзекті мәселе болып табылады, және ол әлемдегі өсіп келе жатқан халықтың ақуызы жоғары тағамға деген қажеттілігін қанағаттандыру үшін өте маңызды. Түркия балқарағай жаңғағы мен ядро өндіретін төртінші ірі ел болып табылады, оның жылдық өндірісі сәйкесінше 6000-7000 тонна жаңғақ және 1850-2000 тонна балқарағай дәнін өндіреді. Түркиядағы балқарағайлы ормандармен қамтылған жалпы аумақ 34 200 га құрайды, ол әлемдегі балқарағайлы ормандардың 9%-ын құрайды. Балқарағай жаңғағының көп бөлігі Түркияның Эгей аймағында өндіріледі және өнімнің 90%-дан астамы экспортталады, Балқарағай жаңғағының жалпы экспорттық кірісі жылына шамамен 11 700 000 АҚШ долларын құрайды. Ал елімізде, атап айтқанда Шығыс Қазақстанда 2000-3000 тонна жаңғақ және 600-1000 тонна балқарағай дәнін өндіруге қауһары бар. Алайда елімізде балқарағай жаңғағын өңдеу бойынша өнеркәсіптер жоғына таяу, сондықтан жаңғақтар Қытай және Шығыс Еуропа елдеріне экспортталады. Сонымен қатар, Шығыс Қазақстан өңіріндегі жергілікті халық және кішігірім өнеркәсіптер, яғни фермерлер балқарағай жаңғағын күнделікті тұрмыста пайдалануда [6-11].

Өндірісте балқарағай жаңғақтарын шағу барысында ядролардың сапасы айтарлықтай төмендейді. Балқарағай жаңғағынан нәзік тұтас ядроны алу үшін жаңғақтарды жару-ең жауапты және нәзік процесс болып табылады. Шағу процесі кезінде жаңғаққа қолданылатын механикалық күштердің әсерінен ядролардың зақымдалуына және сынуына әкеледі. Зақымдану дәрежесі мен түрлері балқарағай жаңғағы мен ядросының әртүрлілігі мен физикалық сипаттамаларына, сондай-ақ балқарағай жаңғағын бөлудің маңызды факторларының бірі болып табылатын күшке байланысты [12-16].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бұл зерттеудің барлық эксперименттері 2023 жылы Шығыс Қазақстан аймағында өсірілген балқарағай жаңғақтарымен жасалынды. Жаңғақтар шаң, кір, қоқыс сияқты барлық бөгде заттардан, сондай-ақ піспеген, сынған жаңғақтардан тазарту үшін қолмен іріктелді. Жаңғақтардың ылғалдылығы Wile 55 ылғал өлшегіш жабдығын қолданып анықталды. Сынақтар ылғалдылықтың бес мәнін қолданды 5,4, 11,9, 19,1, 23,6 және 30,09%. Осы жаңғақ ылғалдылығының бес мәніне келтіру мақсатында, алғашында ылғал мөлшері балқарағай жаңғағын пеште 130°C температурада 6 сағат кептіру арқылы төмендетілді. Нәтижесінде, жаңғақтағы ылғал мөлшері 4,94% құрады. Кейіннен, дәндерді ылғалдандырып, дәннің 5% ылғал мәніне жеткіздік.

Балқарағай жаңғағының орташа мәндерін анықтау үшін 100 балқарағай жаңғағының үлгісі кездейсоқ таңдалды. Пайдаланылған әрбір жаңғақтың өлшемдері мен массасы анықталды. Негізгі перпендикуляр ось бойымен балқарағай жаңғағының өлшемдері 0,01 мм дәлдікпен электронды штангенциркульмен өлшенді (сурет 1а). Ал орташа геометриялық диаметрі, сфералық және сыртқы бетінің ауданы келесі теңдеулерді қолдану арқылы есептелді.

$$D_g = (LWT)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$$\phi = \frac{(LWT)^{\frac{1}{3}}}{L} 100 \quad (2)$$

$$S = \pi D_g^2 \quad (3)$$

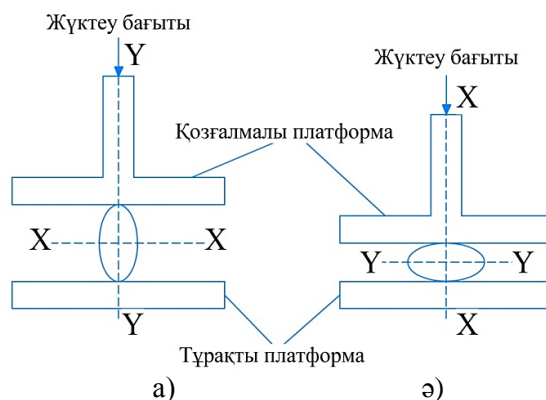
мұндағы D_g – орташа геометриялық диаметр, мм; ϕ – сфералық, %; L – үлкен ось бойынша өлшем, мм; W – кіші ось бойынша өлшем, мм; T – қалыңдығы, мм; S – сыртқы бетінің ауданы, мм².

Массаны анықтау үшін әрбір үлгі 0,001 г дейін таразыда өлшенді, ал балқарағай жаңғағының механикалық қасиеттерін анықтау үшін 1-суретте көрсетілген Структурометр СТ-2 сынау құрылғысы арқылы квазистатикалық қысу сынақтары жүргізілді. Бұл құрылғы қозғалмайтын және қозғалмалы платформа, жетек блогы және деректерді жинау жүйесі болып табылатын үш негізгі компоненттен тұрады.



Сурет 1. Электронды штангенциркуль (а) және структурометр СТ-2 (б)

Балқарағай жаңғағы минутына 8 мм жылдамдықпен жүктеме бағытының өзгеруін есепке алу үшін қозғалмайтын платформаға орналастырылды және жаңғақ жарылғанға дейін қуаты 1000 Н болатын жүктеме сенсорына бекітілген тақтайшамен басылды. Үзіліс нүктесі күштің деформацияға тәуелділік қисығымен анықталды, мұнда күштің кенеттен төмендеуі байқалады. Жаңғақтың жарылған дыбысы арқылы шағылу нүктесі анықталғаннан кейін жүктеу тоқтатылды. Балқарағай жаңғағының механикалық қасиеттері шағылу күші, жарылу орнындағы деформация, жарылу және қаттылық үшін қажетті қуат тұрғысынан көрсетілген. Жүктеме бағдарының механикалық қасиеттерге әсерін анықтау үшін бірінші жағдайда балқарағай жаңғақтары тігінен орналастырылды (сурет 2а), екінші жағдайда жаңғақ осі жүктеу бағытына сәйкес келеді және көлденеңінен үлкен ось жүктеу бағытына перпендикуляр болады (сурет 2б). Алдын ала сынақтар кезінде сәйкесінше тігінен және көлденеңінен жүктелген балқарағай жаңғағының шағылу күшінің мәндері арасындағы айырмашылық статистикалық тұрғыдан маңызды емес деп танылғандықтан, бұл зерттеуде тік және көлденең бағдарлар ескерілді.



(а) тік бағдар – жаңғақ осі жүктеме бағытына сәйкес келеді; (ә) көлденең бағдар – жаңғақ осі жүктеме бағытына перпендикуляр.

Сурет 2. Балқарағай жаңғағын әртүрлі жүктеме бағытында қысуға арналған квазистатикалық сынақ

Қысу жылдамдығы мен уақытына сүйене отырып, жаңғақтың деформациясы есептелді және күштің деформацияға тәуелділік қисықтары салынды. Осы қисықтардың көмегімен механикалық қасиеттер жаңғақ сынған кезде өлшенді. Әр ылғалдылық деңгейіндегі жиырма жаңғақ кездейсоқ таңдалды және, әр жүктеме бағытында сыналды және осы мақалада барлық 20 сынақтың орташа мәні келтірілген. Сіңірілген энергия (күш-деформация) қисықтарының астындағы ауданды өлшеу арқылы тікелей графиктен анықталды. Жаңғақты бөлуге қажетті қуат және үзіліс нүктесіндегі қаттылық мәндері келесі теңдеулерді қолдану арқылы анықталды.

$$P = \frac{E_a V}{60\,000D} \quad (4)$$

$$Q = \frac{F}{D} \quad (5)$$

мұндағы P – жаңғақты шағу үшін қажетті қуат; E_a – жаңғақ сіңіретін энергия, МДЖ; V – жүктеме жылдамдығы мм·мин⁻¹; F – шағу күші, Н; D – үзілу нүктесіндегі деформация, мм; Q – қаттылық Н·мм⁻¹.

Толығымен кездейсоқ бір факторлы есептеу ылғалдың шағылу күшіне, шағылу нүктесінің деформациясына және балқарағай жаңғағының көлденең және тік қысу жүктемесінің бағытында шағылуы мен қаттылығына қажетті қуатқа әсерін анықтау үшін пайдаланылды. Әрбір жүктеме бағыты үшін ылғалдың бес деңгейінде қарастырылды. Сонымен қатар, бағдарлаудың үзілу күшіне, үзіліс нүктесіндегі деформацияға, қуат пен беріктікке әсері орташа айырмашылық бойынша жалпыланған t критерийін қолдану арқылы зерттелді. Барлық суреттердегі қате бағандары репликация құралдарына қатысты стандартты қателер болып табылады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Ылғал мөлшері 5,4% және 4,94% өлшеулерінен алынған балқарағай жаңғағы мен ядро өлшемдерінің орташа мәндері мен стандартты ауытқуы 1-кестеде келтірілген. Балқарағай жаңғағының үлкен осі 19,50 мм, кіші осі 8,70 мм және қалыңдығы 8,43, және ылғалдылығы 5,4%. Ал балқарағай ядросы үшін сәйкес мәндер

14,66 мм, 5,27 мм және 4,68 мм болды, 4,94%. Балқарағай жаңғағының орташа геометриялық диаметрі, сфералық, көлемі мен бетінің ауданы сәйкесінше 11,23 мм, 57,69%, 745,55 мм³ және 396,75 мм² екені анықталды. Бұл мәндер 7,10 мм, 48,50%, 189,30 мм³ және 158,86 мм² балқарағай ядросының сәйкес мәндерінен әлдеқайда жоғары. 2-кестеде шағылу күші, деформация, жарылу үшін қажетті қуат және әртүрлі ылғалдылық пен жүктеме бағдарындағы беріктік үшін орташа және стандартты ауытқулар берілген.

Кесте 1

Балқарағай жаңғағы мен ядро өлшемдерінің орташа мәндері мен стандартты ауытқуы

Қасиеттері	Жаңғақ	Ядро
Ұзындығы, мм	19,50±1,09	14,66±0,86
Ені, мм	8,70±0,83	5,27±0,49
Қалыңдығы, мм	8,43±1,06	4,68±0,68
Орташа геометриялық диаметрі, мм	11,23±0,51	7,10±0,43
Сфералық, %	57,69±2,97	48,50±2,50
Салмағы, г	0,69±0,05	0,22±0,04
Көлемі, мм ³	745,55±103,05	189,30±32,79
Бетінің ауданы, мм ²	396,75±36,38	158,86±18,73
Қабығының қалыңдығы, мм	1,22±0,16	-

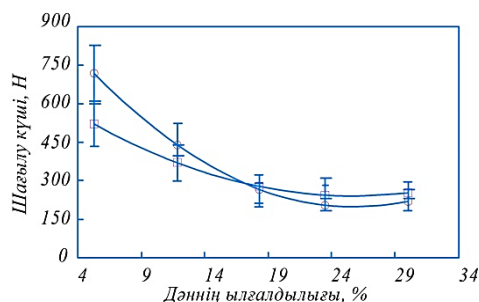
Кесте 2

Ылғал құрамы мен жүктеме бағытының шағылу күшіне, деформацияға, қуат тұтынуға және балқарағай жаңғағының қаттылығына әсері

Ылғалдылық %	Шағылу күші, Н		Деформация, мм		Тұтынатын қуат, Вт		Қаттылық, Н мм ¹	
	Тік	Көлденең	Тік	Көлденең	Тік	Көлденең	Тік	Көлденең
5,4	714,1 (115,96)	521,4 (85,08)	3,608 (0,525)	2,36 (0,28)	0,048 (0,01)	0,035 (0,01)	197,74 (13,31)	219,73 (21,19)
11,9	461,0 (66,93)	369,9 (68,57)	2,643 (0,634)	1,96 (0,56)	0,031 (0,01)	0,025 (0,01)	183,85 (47,15)	204,57 (71,52)
19,1	240,3 (40,17)	268,8 (54,75)	1,416 (0,366)	1,41 (0,31)	0,016 (0,002)	0,018 (0,004)	174,42 (25,17)	193,57 (35,79)
23,6	220,8 (33,44)	261,8 (49,18)	1,269 (0,345)	1,38 (0,19)	0,015 (0,002)	0,017 (0,003)	181,67 (37,18)	190,137 (29,26)
30,1	220,3 (33,44)	249,9 (46,93)	1,148 (0,182)	1,34 (0,20)	0,015 (0,002)	0,017 (0,003)	192,10 (22,32)	187,21 (29,62)

Шағылу әрекеті. Жаңғақты шағуды бастау үшін қажет күш тік және көлденең бағытта айтарлықтай төмендеді, өйткені ылғалдылық 5,4%-тен 30,1%-ға дейін 3-суретте өсті. Дегенмен, 19,1%, 23,6% және 30,1% ылғалдылықтағы балқарағай жаңғағының шағылу күшінің мәндері арасындағы айырмашылық жүктеудің екі бағыты үшін де статистикалық тұрғыдан маңызды емес екені анықталды. Тік және көлденең жүктелген Балқарағай жаңғақтары сәйкесінше 5,4% үшін 714,1 және 521,4 Н және жаңғақ жарылуын бастау үшін 30,1% үшін 220,3 және 248,86 Н қажет. ұқсас

тенденцияларды балқарағай жаңғағы үшін атап өтті. Көлденең жүктелген балқарағай жаңғақтары 19,1% ылғалдылыққа дейін тік жүктелген жаңғақтармен салыстырғанда айтарлықтай аз күш жұмсауды қажет етеді бұл ылғалдылықта тік жүктелген балқарағай жаңғақтарын бөлу үшін қажет күш көлденең жүктелген жаңғақтарға қарағанда төмен ылғалдылық 19,1 және 30,1%-ға дейін балқарағай жаңғағы суды сіңіретіндіктен, қабығы жұмсақ болады, сондықтан қабықтың кедергісі төмендейді. Сынаққа сәйкес тік және көлденең бағдарлар арасындағы алшақтық күшінің айырмашылығы шамалы болып шықты.

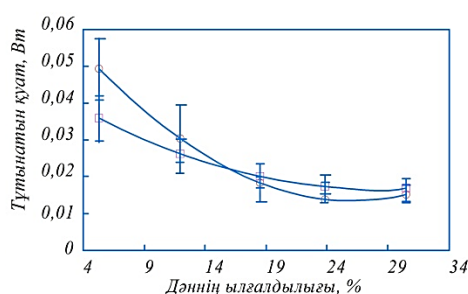


○ - тік; □ -көлденең.

Сурет 3. Ылғал құрамының балқарағай жаңғағының тік және көлденең жүктеме бағытындағы шағылу күшіне әсері

Жүктеудің екі бағыты арасында айтарлықтай айырмашылықтар болмаса да, алшақтық күші 19,1% ылғалдылыққа көлденең бағытта төмен болғанымен, көлденең бағдарлау кезінде дәндердің бұзылуының үлкен тенденциясы байқалады. Сондықтан, балқарағай жаңғағының жарылу процесі жаңғақтар 19,1-дан 30,1%-ға дейінгі ылғалдылықпен жүктеменің тік бағытында қалыптасатындай етіп жасалуы керек.

Үзіліс орнындағы деформация. Ылғал құрамына және жүктеме бағытына байланысты шағылған жердегі жаңғақ деформациясы 4-суретте көрсетілген.



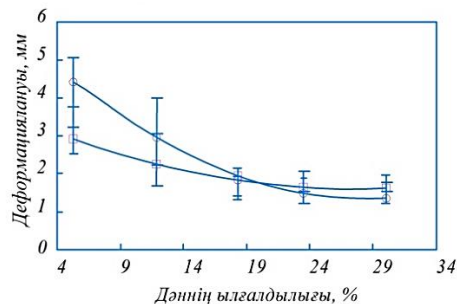
○ - тік; □ -көлденең.

Сурет 4. Балқарағай жаңғағының энергия тұтынуына ылғалдың әсері жүктеменің тік және көлденең бағытында

Жаңғақ шағылған кезде пайда болатын деформация жаңғақтағы ылғалдылық жоғарылаған сайын азаяды. Тік бағдарлау кезінде деформация 3,61-ден 1,15 мм-ге дейін төмендейді, ылғалдылық 5,4-тен 30,1%-ға дейін артады. Көлденең бағдарлау кезінде үзілу нүктесіндегі деформация 2,36-дан

1,34 мм-ге дейін төмендейді, ал ылғалдылық 5,4-тен 30,1%-ға дейін. Дисперсиялық талдау нәтижелеріне сәйкес, ылғалдың жоғарылауымен деформацияның төмендеуі жүктеменің екі бағыты үшін де маңызды. Шағылу нүктесіндегі деформацияның төмендеуі қабықтың кедергісі мен жаңғақ қабығының серпімділік шегі төмендейтіндігімен түсіндіріледі. Сонымен қатар, сығылған кезде тұтас жаңғақ қабығын ылғалдың жоғарылауы үшін, демек, берілген жүктеме кезінде деформацияны азайту үшін тігінен екі бөлікке оңай бөлуге болады. Эксперимент нәтижесі жүктеменің тік және көлденең бағдарлауындағы деформация арасында айтарлықтай айырмашылық жоқ екенін көрсетеді.

Қуат тұтыну. Жүктеменің тік және көлденең бағытында жаңғақты бөлуге қажетті қуат ылғалдылық жоғарылаған сайын азаяды (5-сурет). Жаңғақты тік күйінде бөлу үшін қажетті қуат 0,05-тен 0,02 Вт-қа дейін азаяды, ылғалдылық 5,4-тен 23,6%-ға дейін артады, ал 30,1% ылғалдылығында қуат тұтыну өзгермейді. Дәл осындай тенденция байқалады көлденең жүктеме бағыты, онда жаңғақты бөлуге қажетті қуат 0,04-тен 0,02 Вт-қа дейін төмендейді, ылғалдылық жылына 5,4-тен 23,6%-ға дейін артады. Ылғалдылықтың одан әрі артуы тұтынылатын қуатқа әсер етпейді. Бадам жаңғағы үшін жүргізген алдыңғы жұмыс сонымен қатар жаңғақ пен оның дәнін бөлуге қажетті қуат ылғалдың жоғарылауымен азаятынын көрсетті. Сынақ нәтижелерінің дисперсиялық талдауы жүктеменің тік және көлденең бағдары үшін ылғалдылықтың жоғарылауымен қуат тұтынудың төмендеуі статистикалық маңызды екенін көрсетеді, жүргізген бірнеше сынақтардың нәтижелеріне сәйкес, жаңғақтарды 19,1, 23,6 және 30,1% ылғалдылықта бөлуге қажетті қуаттылықтағы айырмашылықтар жүктеудің екі бағыты үшін де статистикалық тұрғыдан маңызды емес деп танылды. Сонымен қатар, t – тест нәтижелері жүктеменің тік және көлденең бағдары үшін қажетті қуат арасында айтарлықтай айырмашылық жоқ екенін көрсетеді. Ылғалдылығы 11%-дан 87%-ға дейін жаңғақты тік күйінде бөлу үшін қажетті қуат көлденең жүктеу күйіне қарағанда жоғары. Ылғалдылық жылына 19,1-дан 30,1%-ға дейін өскеннен кейін екі бағыт үшін де энергия тұтынудың күрт төмендеуі байқалады.

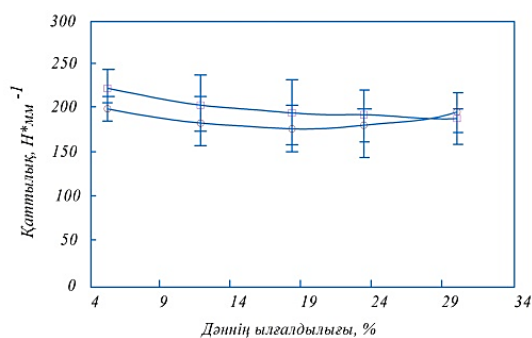


○ - тік; □ -көлденең.

Сурет 5. Ылғал құрамының Балқарағай жаңғағының деформациясына әсері тік және көлденең жүктеме кезінде

Қаттылық. Ылғал құрамы мен жүктеме бағытының үзілу нүктесіндегі беріктікке әсері 6-суретте көрсетілген. 3-кестеден ылғалдың мөлшері 5,4%-дан 19,1%-ға дейін ұлғайған кезде беріктік минимумға дейін төмендейтінін көруге болады және ылғалдың одан әрі 23,6%-дан 30,1%-ға дейін ұлғаюымен

артады жүктеменің тік бағытымен. Көлденең бағыттағы ылғалдылыққа байланысты қаттылық мәндерінің өзгеруі де 5-суретте көрсетілген. Қаттылық 219,73-тен 187,21 Н·мм⁻¹-ге дейін төмендейді, ылғалдылық жылына 5,4-тен 30,1%-ға дейін артады. Ылғалдың жоғарылауымен беріктіктің төмендеуі тік және көлденең бағытта статистикалық тұрғыдан маңызды емес. Деректерді статистикалық талдау жүктеме бағыты беріктікке айтарлықтай әсер етпейтінін көрсетеді. Көлденең бағыттағы қаттылық мәндері 5,4-тен 23,6%-ға дейінгі ылғалдылықта вертикальға қарағанда жоғары.



○ - тік; □ -көлденең

Сурет 6. Ылғалдың балқарағай жаңғағының қаттылығына әсері жүктеменің тік және көлденең бағытында

Шағылу күшін, деформацияны, қажетті қуат пен қаттылықты әртүрлі жүктеме бағыттарындағы балқарағай жаңғағындағы ылғалдылықпен байланыстыратын екінші ретті теңдеулердің параметрлері келтірілген (3-кесте).

Кесте 3

Балқарағай жаңғағының сынуы мен ылғалдылығының әртүрлі тәуелді параметрлері арасындағы байланыс

Ү Параметрі	Коэффициенті	Жүктеу бағыты	
		Тік	Көлденең
Үзіліс күші, Н	a0	1026,60	680,72
	a1	-64,24	-34,01
	a2	1,25	0,66
	r2*	0,99	0,99
Деформация, мм	a0	5,01	2,97
	a1	-0,27	-0,12
	a2	$4,8 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$
	r2*	0,98	0,97
Қуат тұтыну, Вт	a0	0,07	0,04
	a1	$-4,3 \cdot 10^{-3}$	$-2,2 \cdot 10^{-5}$
	a2	$8 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$
	r2*	0,99	0,99
Қаттылық, Н·мм ⁻¹	a0	218,29	235,56
	a1	-4,43	-3,28
	a2	0,12	0,06
	r2*	0,96	0,99

Тік және көлденең бағыттағы барлық параметрлер үшін көпмүшелік теңдеулер келесідей тұжырымдалуы мүмкін:

$$Y = a_0 + a_1M + a_2M^2 \quad (6)$$

мұндағы Y – тәуелді параметрлер; a_0 , a_1 , және a_2 – регрессия коэффициенттері; M – ылғалдылығы, %.

Қорытынды. Бұл зерттеудің нәтижелерін келесідей қорытындылауға болады.

1. Балқарағай жаңғағының ұзындығы, ені және қалыңдығы 19,50, 8,70 және 8,43 мм болды, ылғалдылығы сәйкесінше 5,4% болды. Ядролардың өлшемдері 14,66, 5,27 және 4,68 мм болды, ылғалдылығы 4,94%. Балқарағай жаңғағының орташа геометриялық диаметрі, сфералық, көлемі мен бетінің ауданы сәйкесінше 11,23 мм, 57,69%, 745,55 мм³ және 396,75 мм² болды. Балқарағай ядросының сәйкес мәндері 7,10 мм, 48,50%, 189,30 мм³ және 158,86 мм² болды. Жаңғақ пен ядроның массасы сәйкесінше 0,69 және 0,22 г құрады.

2. Балқарағай жаңғағының сынуға төзімділігін анықтау үшін қолданылатын параметрлер қаттылықты қоспағанда, тік және көлденең бағытта жүктеме кезінде қабықтың ылғалдылығына байланысты болды, ал екі бағытта да жүктеме үшін тәуелділік табылған жоқ. Жаңғақ қабығының жарылуы кезінде шағылу күші, деформациясы, қуат тұтынуы және беріктігі ылғалдың жоғарылауымен төмендеді, ал ылғал мөлшері 23,6-тен 30,1%-ға дейін тік бағытта өсті

3. Жаңғақ қабығының ең аз шағылу күші, деформациясы және 19,1-дан 300,1%-ға дейін ылғал болған кезде жаңғақты бөлу үшін қажетті қуат болды. Ядроның бұзылу жасы ылғалдылықтың барлық деңгейлері үшін көлденең жүктеме бағытында жиі байқалды. Осылайша, крекинг процесі энергияның минималды шығындарымен және ядролардың максималды сапасымен жүзеге асырылады деп күтілетіндіктен, тік бағдар балқарағай жаңғағының крекинг принципін қалыптастыру үшін көлденеңінен гөрі қолайлы.

4. Талдау нәтижелеріне сәйкес, ылғал құрамының шағылу күшіне, деформацияға және қажетті қуатқа әсері статистикалық маңызды екендігі анықталды, ал ылғалдың беріктікке статистикалық маңызды әсері анықталған жоқ. бағдарлардың ешқайсысы үшін. Ылғал мөлшері мен механикалық қасиеттері арасындағы жақсы сәйкестік дәрежесі бар сызықтық емес тәуелділік жүктеменің екі бағыты үшін алынды.

Әдебиеттер тізімі

1. Тигров, В.В. Устройство для разрушения скорлупы ореха [Текст] / В.В. Тигров, Р.К. Базаров // Сборник научных разработок и изобретений «Изобретатели и рационализаторы липецкой области»: Том. 11. – г. Липецк: Изд-во Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2023. – С. 13-16.
2. Куриленко, Н.И. Разработка технологического оборудования для очистки кедрового ореха [Текст] / Н. И. Куриленко, И. С. Федорченко // Материалы международной научно-практической конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы». – г. Саранск: Изд-во Национальный исследовательский мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2018. – С. 439-443.
3. Куриленко, Н.И. Устройство для получения масла и жмыха из ядер кедрового ореха [Текст] / Н.И. Куриленко, П.Г. Колесников // Всероссийская научно-

- практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Машиностроение: новые концепции и технологии». – г. Красноярск: Изд-во Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2022. – С. 82-84.
4. Невзоров, В.Н. Совершенствование технологии и оборудования производства кедрового масла [Текст] / В.Н. Невзоров, Ж.А. Кох, И.В. Мацкевич, В.Н. Холопов // Хвойные бореальной зоны. – 2022. – Т. 40. – № 5. – С. 444-449.
 5. Бышов, Н.В. Разработка оборудования для раскалывания скорлупы кедровых орехов [Текст] / Н.В. Бышов, В.Д. Липин, Д.Н. Бышов // Материалы национальной научно-практической конференции «Тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса». – г. Рязань: Изд-во Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 31-36.
 6. Khamdamov A. Naziraliyeva N., Nuriddinov Sh. Study of the technological process of splitting walnut and analyses of the double shaft device // Evrazijskij soyzuz uchenuh [Eurasian Union of Scientists], 2021. No. 4-1(85). P. 38-42.
 7. Ондер, Б.Б. Конструирование устройства для извлечения кедровых орехов из шишек [Текст] /Б.Б. Ондер, Е.А. Панов, А.Ю. Чуба // Сборник материалов XIII международной студенческой научно-практической конференции «Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения». – г. Тюмень: Изд-во Государственный аграрный университет северного Зауралья, 2019. – С. 214-219.
 8. Хантургаева, В.А. Перспективы использования ядер кедрового ореха в технологии продуктов питания [Текст] / В.А. Хантургаева, АБ. Дабаева, И.В. Хамаганова // Сборник тезисов VII международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновации в пищевой биотехнологии»: Том. 1. – г. Кемерово: Изд-во Кемеровский государственный университет, 2019. – С. 89-90.
 9. Чаплыгина, О.С. Теоретическое и экспериментальное обоснование оптимальных технологических режимов получения кедрового масла из ядра кедрового ореха [Текст] / О.С. Чаплыгина // Сборник тезисов VI международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации в биотехнологии»: Том. 2. – г. Кемерово: Изд-во Кемеровский государственный университет, 2018. – С. 148-150.
 10. Селезнева, А.Б. Вопросы комплексной переработки ореха кедрового [Текст] / А.Б. Селезнева, И.Б. Плотников // Сборник тезисов VI международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации в биотехнологии». – г. Кемерово: Изд-во Кемеровский государственный университет, 2018. – С. 301- 302.
 11. Оразханова, М.А. Перспективы использования скорлупы сибирского кедрового ореха в производстве колбасных изделий [Текст] / М.А. Оразханова, Ж.А. Ибатаев, Б.А. Идырышев // Сборник материалов международной научно-практической конференции «От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение производства и переработки продукции растениеводства. Ресурсосберегающие технологии, технические средства и цифровая платформа апк». – г. Екатеринбург: Изд-во Уральский государственный аграрный университет, 2020. – С. 71-72.
 12. Невзоров, В.Н. Разработка оборудование для калибровки и сортировки кедрового ореха [Текст] / В.Н. Невзоров, Ж.А. Кох, И.В. Мацкевич, И.В. Голубев // Хвойные бореальной зоны. – 2022. – Т. 40. – № 5. – С. 439-443.
 13. Сесикашвили, О.Ш. Орехи – Свойства. Переработка. Использование [Текст] / О.Ш. Сесикашвили, С.В. Зверев, И.О. Берулава // Beau Bassin: Lap Lambert, 2018. – С.148.
 14. Плесовских, В.А. Исследование процесса раскалывания скорлупы кедрового ореха [Текст] / В.А. Плесовских, А.Ю. Чуба // Сборник материалов XII

- международной студенческой научно-практической конференции «Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения»: Том. 2. – г. Тюмень: Изд-во Государственный аграрный университет северного Зауралья, 2018. – С. 200-203.
15. Устименко, С.А. Устройство для разрушения скорлупы плодов орехов [Текст] / С.А. Устименко, А.А. Зуев, Д.Н. Мельниченко, Д.Ю. Бурменко // Вестник приднестровского университета. Серия: физико-математические и технические науки. Экономика и управление. – 2021. – № 3(69). – С. 140-144.
16. Козлова, С.А. Проблемы и перспективы добычи кедрового ореха на территории Красночикойского района Забайкальского края [Текст] / С.А. Козлова // Материалы всероссийской научно-практической конференции молодых учёных и студентов «Социально-экономические проблемы развития экономики АПК в России и за рубежом». – г. Иркутск: Изд-во Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2017. – С. 226-233.

Материал редакцияга 02.04.24 түсті.

А.Х. Хамитбек¹, А.Е. Кайрбаева¹, М.В. Копылов²

¹Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

²Воронежский государственный университет инженерных технологий,
г.Воронеж, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ КЕДРОВОГО ОРЕХА НА ЕГО РАСКАЛЫВАЕМОСТЬ

Аннотация. Чтобы начать исследование, кедровый орех был помещен между двумя параллельными панелями, которые определили силу раскалывания, деформацию, мощность и твердость, необходимые для начала раскалывания ореха. Испытания проводились при значениях влажности ореха 5,4, 11,9, 19,1, 23,6 и 30,1% и в двух формах расположения ореха (вертикальной и горизонтальной). В первом случае кедровый орех располагался вертикально, большая ось ореха была параллельна направлению загрузки. В следующем случае при горизонтальной загрузке большая ось ореха была перпендикулярна направлению загрузки. Были определены физические характеристики ореха и ядра, то есть масса, размеры, средний геометрический диаметр, сферичность, площадь внешней поверхности и толщина скорлупы. Вертикальное и горизонтальное направления нагрузки, необходимые для начала раскалывания кедрового ореха, уменьшились с увеличением влажности с 714,1 до 220,3 Н и с 521,4 до 249,9 Н. Затем мы пришли к выводу, что деформация в месте отражения и мощность, необходимая для разделения скорлупы кедрового ореха, уменьшились с увеличением влажности под нагрузкой в вертикальном и горизонтальном направлениях. Показатели твердости ореха снижались с увеличением влажности, и это снижение продолжалось до тех пор, пока содержание влаги в вертикальном направлении нагрузки не достигло 23,6%. В частности, при загрузке в горизонтальном направлении при любой влажности всегда наблюдалась тенденция к распаду ядер. Результаты предоставляют полезные данные для использования инженерами при проектировании машины, подходящей для раскалывания кедрового ореха.

Ключевые слова: кедровый орех, оборудование, очистка зерна, влажность ореха, сила раскалывания, структурометр СТ-2.

A.H. Hamitbek¹, A.E. Kairbaeva¹, M.V. Kopylov²

¹*Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan*

²*Voronezh State University of engineering technologies, Voronezh, Russia*

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF PINE NUT HUMIDITY ON ITS CLIPPABILITY

Abstract. To conduct the study, the cedar nut was placed between two parallel panels, which determined the splitting force, deformation, power and hardness required to start reflecting the nut. The tests were carried out at the nut moisture values of 5.4, 11.9, 19.1, 23.6 and 30.1% and in two forms of nut arrangement (vertical and horizontal). In the first case, the cedar nut was positioned vertically, the large axis of the nut was parallel to the loading direction. In the following case, when loading horizontally, the large axis of the nut was perpendicular to the loading direction. The physical characteristics of the nut and the kernel were determined, i.e. weight, dimensions, average geometric diameter, sphericity, outer surface area and shell thickness. The vertical and horizontal load directions required to start chipping cedar nuts decreased with increasing humidity from 714.1 to 220.3 N and from 521.4 to 249.9 N. Then we came to the conclusion that the deformation at the reflection site and the power required to separate the cedar nut shell decreased with increasing humidity under load in the vertical and horizontal directions. The hardness of the nut decreased with increasing humidity, and this decrease continued until the moisture content in the vertical direction of the load reached 23.6%. In particular, when loading in the horizontal direction at any humidity, there was always a tendency for the nuclei to disintegrate. The results provide useful data for use by engineers in designing a machine suitable for cracking cedar nuts.

Keywords: cedar nuts, equipment, cleaning of grains, nut moisture, reflectivity, structurometer ST-2.

References

1. Tigrov V.V., Bazarov R.K. Ustroystvo dlya razrusheniya skorlupy orekha [Device for breaking nut shells] // Sbornik nauchnykh razrabotok i izobreteniy «Izobretateli i ratsionalizatory lipetskoy oblasti»: Tom. 11. – Lipetsk: Izd-vo Lipetskiy gosudarstvennyy pedagogicheskiy universitet imeni P.P. Semenova-Tyan-Shanskogo [Collection of scientific developments and inventions “Inventors and innovators of the Lipetsk region”: Vol. 11. – Lipetsk: Publishing house Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky], 2023. – P. 13-16, [in Russian].
2. Kurilenko N.I., Fedorchenko I.S. Razrabotka tekhnologicheskogo oborudovaniya dlya ochistki kedrovogo orekha [Development of technological equipment for cleaning pine nuts] // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Energoeffektivnyye i resursosberegayushchiye tekhnologii i sistemy». – Saransk: Izd-vo Natsional'nyy issledovatel'skiy mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogarova [Materials of the international scientific and practical conference “Energy-efficient and resource-saving technologies and systems”. – Saransk: Publishing house National Research Mordovian State University named after. N.P. Ogareva], 2018. – P. 439-443, [in Russian].
3. Kurilenko N.I., Kolesnikov P.G. Ustroystvo dlya polucheniya masla i zhmykha iz yader kedrovogo orekha [Device for obtaining oil and cake from pine nut kernels] // Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Mashinostroyeniye: novyye kontseptsii i tekhnologii». – g. Krasnoyarsk: Izd-vo Sibirskiy gosudarstvennyy universitet nauki i tekhnologiy imeni akademika M.F. Reshetneva [All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists “Mechanical engineering: new

- concepts and technologies". – Krasnoyarsk: Publishing house Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetneva], 2022. – P. 82-84, [in Russian].
4. Nevzorov V.N., Kokh ZH.A., Matskevich I.V., Kholopov V.N. Sovershenstvovaniye tekhnologii i oborudovaniya proizvodstva kedrovogo masla [Improving technology and equipment for the production of cedar oil] // *Khvoynyye boreal'noy zony [Conifers of the boreal zone]*, 2022. Vol. 40, No. 5. P. 444-449, [in Russian].
 5. Byshov N.V., Lipin V.D., Byshov D.N. Razrabotka oborudovaniya dlya raskalyvaniya skorlupy kedrovyykh orekhov [Development of equipment for cracking pine nut shells] // *Materialy natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Tendentsii inzhenerno-tekhnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa»*. – g. Ryazan': Izd-vo Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskiy universitet im. P.A. Kostycheva [Materials of the national scientific and practical conference "Trends in engineering and technological development of the agro-industrial complex". – Ryazan: Publishing house Ryazan State Agrotechnological University named after. P.A. Kostycheva], 2019. – P. 31-36, [in Russian].
 6. Khamdamov A. Naziraliyeva N., Nuriddinov Sh. Study of the technological process of splitting walnut and analyses of the double shaft device // *Evrazijskiy soyuz uchenykh [Eurasian Union of Scientists]*, 2021. No. 4-1(85). P. 38-42.
 7. Onder B.B., Panov Ye.A., Chuba A.YU. Konstruirovaniye ustroystva dlya izvlecheniya kedrovyykh orekhov iz shishek [Design of a device for extracting pine nuts from cones] // *Sbornik materialov KHÍÍ mezhdunarodnoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nyye voprosy nauki i khozyaystva: novyye vyzovy i resheniya»*. – g. Tyumen': Izd-vo Gosudarstvennyy agrarnyy universitet severnogo Zaural'ya [Collection of materials from the XIII International Student Scientific and Practical Conference "Current Issues of Science and Economy: New Challenges and Solutions." – Tyumen: Publishing House of the State Agrarian University of the Northern Trans-Urals], 2019. – P. 214-219, [in Russian].
 8. Khanturgayeva V.A., Dabayeva AB., Khamaganova I.V. Perspektivy ispol'zovaniya yader kedrovogo orekha v tekhnologii produktov pitaniya [Prospects for the use of pine nut kernels in food technology] // *Sbornik tezisov VII mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Innovatsii v pishchevoy biotekhnologii»: Tom. 1.* – g. Kemerovo: Izd-vo Kemerovskiy gosudarstvennyy universitet [Collection of abstracts of the VII international scientific conference of students, graduate students and young scientists "Innovations in food biotechnology": Vol. 1. – Kemerovo: Kemerovo State University Publishing House], 2019. – P. 89-90, [in Russian].
 9. Chaplygina O.S. Teoreticheskoye i eksperimental'noye obosnovaniye optimal'nykh tekhnologicheskikh rezhimov polucheniya kedrovogo masla iz yadra kedrovogo orekha [Theoretical and experimental substantiation of optimal technological regimes for obtaining cedar oil from pine nut kernels] // *Sbornik tezisov VI mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Pishchevyye innovatsii v biotekhnologii»: Tom. 2.* – g. Kemerovo: Izd-vo Kemerovskiy gosudarstvennyy universitet [Collection of abstracts of the VI international scientific conference of students, graduate students and young scientists "Food innovations in biotechnology": Vol. 2. – Kemerovo: Kemerovo State University Publishing House], 2018. – P. 148-150, [in Russian].
 10. Selezneva A.B., Plotnikov I.B. Voprosy kompleksnoy pererabotki orekha kedrovogo [Issues of complex processing of pine nuts] // *Sbornik tezisov VI mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Pishchevyye innovatsii v biotekhnologii»*. – g. Kemerovo: Izd-vo Kemerovskiy gosudarstvennyy universitet [Collection of abstracts of the VI international scientific conference of students, graduate students and young scientists "Food innovations in

- biotechnology”. – Kemerovo: Kemerovo State University Publishing House], 2018. – P. 301- 302, [in Russian].
11. Orazkhanova M.A., Ibatayev ZH.A., Idyryshev B.A. Perspektivy ispol'zovaniya skorlupy sibirskogo kedrovogo orekha v proizvodstve kolbasnykh izdeliy [Prospects for using Siberian pine nut shells in the production of sausages] // Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Ot inertsiy k razvitiyu: nauchno-innovatsionnoye obespecheniye proizvodstva i pererabotki produktsii rasteniyevodstva. Resursoberegayushchiye tekhnologii, tekhnicheskiye sredstva i tsifrovaya platforma apk». – g. Yekaterinburg: Izd-vo Ural'skiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet [Collection of materials of the international scientific and practical conference “From inertia to development: scientific and innovative support for the production and processing of crop products. Resource-saving technologies, technical means and digital apk platform.” – Ekaterinburg: Publishing house Ural State Agrarian University], 2020. – P. 71-72, [in Russian].
 12. Nevzorov V.N., Kokh ZH.A., Matskevich I.V., Golubev I.V. Razrabotka oborudovaniye dlya kalibrovki i sortirovki kedrovogo orekha [Development of equipment for calibrating and sorting pine nuts] // Khvoynyye boreal'noy zony [Conifers of the boreal zone], 2022. Vol. 40, No. 5. P. 439-443, [in Russian].
 13. Sesikashvili O.SH., Zverev S.V., Berulava I.O. Orekhi – Svoystva. Pererabotka. Ispol'zovaniye [Nuts - Properties. Recycling. Using] // Beau Bassin: Lap Lambert, 2018. P. 148.
 14. Plesovskikh V.A., Chuba A.YU. Issledovaniye protsessa raskalyvaniya skorlupy kedrovogo orekha [Study of the process of splitting pine nut shells] // Sbornik materialov KHÍ mezhdunarodnoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nyye voprosy nauki i khozyaystva: novyye vyzovy i resheniya»: Tom. 2. – g. Tyumen': Izd-vo Gosudarstvennyy agrarnyy universitet severnogo Zaural'ya [Collection of materials from the XII International Student Scientific and Practical Conference “Current Issues of Science and Economy: New Challenges and Solutions”: Vol. 2. - Tyumen: Publishing house of the State Agrarian University of the Northern Trans-Urals], 2018. – P. 200-203, [in Russian].
 15. Ustimenko S.A., Zuyev A.A., Mel'nichenko D.N., Burmenko D.YU. Ustroystvo dlya razrusheniya skorlupy plodov orekhov [Device for breaking nut shells] // Vestnik pridnestrovskogo universiteta. Seriya: fiziko-matematicheskoye i tekhnicheskoye nauki. Ekonomika i upravleniye [Bulletin of the Transnistrian University. Series: physical, mathematical and technical sciences. Economics and Management], 2021. No. 3(69). P. 140-144, [in Russian].
 16. Kozlova S.A. Problemy i perspektivy dobychi kedrovogo orekha na territorii Krasnochikoyskogo rayona Zabaykal'skogo kraya [Problems and prospects for pine nut production in the Krasnochikoysky district of the Trans-Baikal Territory] // Materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchonykh i studentov «Sotsial'no-ekonomicheskoye problemy razvitiya ekonomiki APK v Rossii i za rubezhom». – g. Irkutsk: Izd-vo Irkutskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. A.A. Yezhevskogo [Materials of the All-Russian scientific and practical conference of young scientists and students “Socio-economic problems of development of the economy of the agro-industrial complex in Russia and abroad.” – Irkutsk: Publishing house Irkutsk State Agrarian University named after. A.A. Ezhevsky], 2017. – P. 226-233, [in Russian].