

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc. 03/03.12.2019.T.04.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH
ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI**

SULTONOVA MAS‘UDA ABDUVALIYEVNA

**QUVURLI TEGIRMONLARDA SEMENTNI MAYDALASH
JARAYONINI JADALLASHTIRISH**

02.00.16-Kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat ishlab chiqarish jarayonlari va apparatlari

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent-2024

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of Doctor of philosophy (PhD)
in Technical Sciences**

Sultonova Mas‘uda Abduvaliyevna

Quvurli tegirmonlarda sementni maydalash jarayonini jadallashtirish..... 3

Султонова Масъуда Абдувалиевна

Интенсификация процесса помола цемента в трубных мельницах..... 21

Sultonova Mas‘uda Abduvaliyevna

Intensification of the cement grinding process in pipe mills..... 39

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works 43

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc. 03/03.12.2019.T.04.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH
ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI**

SULTONOVA MAS‘UDA ABDUVALIYEVNA

**QUVURLI TEGIRMONLARDA SEMENTNI MAYDALASH
JARAYONINI JADALLASHTIRISH**

02.00.16-Kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat ishlab chiqarish jarayonlari va apparatlari

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent-2024

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi qoshidagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.1.PhD/T4397 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)), ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.tkti.uz) va "ZiyoNet" Axborot-ta'lim portaliga (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: Xurmamatov Abdug'offor Mirzabdullaevich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar: Safarov Jasur Esirgapovich
texnika fanlari doktori, professor

Nig'madjonov Samug'jon Karimjonovich
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Yetakchi tashkilot: Guliston davlat universiteti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent kimyo-texnologiya instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.03/30.12.2019.T.04.01 raqamli ilmiy kengash asosidagi bir martalik ilmiy kengashning "6" 01 2025 yil soat 9:00 da Toshkent kimyo-texnologiya instituti Ma'muriy binoning 2-qavat Anjumanlar zalida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100011, Toshkent shahri, Shayhontohur tumani, A.Navoiy ko'chasi, 32. Tel.: (99871) 244-79-20; faks: (99871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz).

Dissertatsiya bilan Toshkent kimyo-texnologiya institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 884 raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100011, Toshkent shahri, Shayhontohur tumani, A.Navoiy ko'chasi, 32. Tel.: (99871) 244-79-20, e-mail: tkti_info@edu.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil "10" 12 kuni tarqatildi.

(2024 yil "10" 12 № 184 raqamli ilmiy kengashning bayonnomasi).



Turobjonov S.M.
Ilmiy darajalar beruvchi bir
martalik ilmiy kengash raisi, t.f.d.,
akademik

Kadirov H.I.
Ilmiy darajalar beruvchi bir
martalik ilmiy kengash ilmiy
kotibi, t.f.d., professor

Rahmonberdiev G.R.
Ilmiy darajalar beruvchi bir
martalik ilmiy kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi, k.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasiga avtoreferat)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Bugungi kunda qurilish materiallari sanoati, ya'ni sement ishlab chiqarishda, energiya va resurstejamkor zamonaviy texnologiyalarni joriy qilish, mahsulot ishlab chiqarishda elektr energiyasining solishtirma sarfini kamaytirish muhim o'rin egallaydi. Zamonaviy sement ishlab chiqarish korxonalarining quvvati 1-3 mln. tonnani tashkil etadi. Sarflanadigan elektr energiyaning katta miqdori xom-ashyoni maydalash, aralashtirish, kuydirish, olingan klinkerni gips va qo'shimchalar bilan mayda tuyishga to'g'ri keladi. Shu sababli, sementni maydalash uskunalarning konstruksiyasini takomillashtirish va ekologik ko'rsatkichlari jahon talablariga mos yuqori sifatli mahsulotlar olish tizimini yaratish ustuvor vazifalardan biri hisoblanadi.

Jahonda sement mahsulotlarini maydalash texnologiyalarining umumiy rivojlanishi, ya'ni maydalashning ikki bosqichli tizimini korxonalariga ko'proq joriy qilish tavsiyalari berilib, klinkerni dag'al maydalash uchun vertikal jo'vali tegirmonlar afzalliklari keng e'tirof etilmoqda. Bu borada maydalash jarayonlarini samarador qurilmalarda amalga oshirish, sharli tegirmonlarni hisoblash va yuqori samarali maydalash elementlarini ishlab chiqish, mavjudlarini unumdor va samarali namunalar bilan almashtirish va sinovdan o'tkazishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizning qurilish materiallari va buyumlarini ishlab chiqarish tarmog'ida ishlab chiqarish islohotlarini chuqurlashtirish va ularni rivojlantirish, qurilish materiallari, buyumlari va konstruksiyalari turini takomillashtirish borasida tadqiqotlar olib borilmoqda. O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasida «Sanoatni sifat jihatdan yangi bosqichga ko'tarish, mahalliy xom-ashyo manbalarini chuqur qayta ishlash, tayyor mahsulotlar ishlab chiqarishni jadallashtirish, yangi turdagi mahsulotlar va texnologiyalarni o'zlashtirish»¹ kabi muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada mahsulot sifatini oshirish, energiya sarfini kamaytirish imkonini beruvchi qurilmalar ishlab chiqish, sementni maydalash jarayonining zamonaviy texnologiyalarini yaratish muhim ilmiy ahamiyatga ega.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-sonli «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi Farmoni, 2019 yil 3 apreldagi PQ-4265-sonli «Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi, 2019 yil 1 maydagi PQ-4302-sonli «Sanoat kooperatsiyasini yanada rivojlantirish va talab yuqori bo'lgan mahsulotlar ishlab chiqarishni kengaytirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi va 2022 yil 6 iyuldagi PQ-307-sonli «2022-2026 yillarda O'zbekiston Respublikasida innovatsion rivojlanish strategiyasi to'g'risida»gi qarorlari hamda mazkur soha faoliyatiga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalarni rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublikada fan va texnologiyalarni

¹O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60 «2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekiston taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi farmoni

rivojlantirish dasturining VII “Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar” ustuvor yo‘nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Sement va boshqa turdagi bog‘lovchilarni maydalashni jadallashtirish borasidagi ilmiy izlanishlar V.K.Klassen, D.K.Kryukov, V.D.Barbanyagre, V.S.Bogdanov, V.S.Sevostyanov, I.N.Borisov, V.I.Kalashnikov, S.I.Xanin, R.R.Sharapov, Yu.M.Fadin, P.V.Zozulya, A.A.Krikunova, N.S.Sembaev, K.De.Vert, W.Scherer, W.R.Dersnah, R.A.Loveland, F.W.Locher, B.Schiller, I.S.Kansepolskiy, B.I.Nudelman, T.A.Atakuziev, N.A.Sirojiddinov, A.A.Ismatov, E.U.Kasimov, U.A.Gaziev, A.A.Tulaganov, X.X.Kamilov, M.Iskandarova, N.X.Tolipov, Z.P.Pulatov, A.A.Muxamedbayev va boshqalar ilmiy tadqiqot ishlari olib borishgan.

Ular tomonidan turli hil bog‘lovchi materiallarni mexanik usulda aktivlashtirish, maydalashda energiya tejamkor usullarni ishlab chiqish, tegirmon zirx qoplama plitalarining yangi turlarini loyihalash va ular asosida zirx qoplamasi sxemalari joriy qilingan.

Shu bilan birga tegirmon toshlarining samarali sinflanishini ta‘minlaydigan faol sirt yuzali zirx plitalarni loyihalash, maydalik darajasini aniqlashning tezkor usullarini ishlab chiqish, sharli tegirmonlarda maydalash jarayonini jadallashtirishning boshqa usullarini tadqiq etish bo‘yicha ilmiy ishlar olib borilmoqda.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarayotgan tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo institutining 87-raqamli “«QIZILQUMSEMENT» AJ ning 1-7-sement tegirmonlarining texnik holatini tadqiq qilish” mavzusidagi xo‘jalik shartnomasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi yangi turdagi zirx qoplamalardan foydalanib sementni maydalash quvurli tegirmoni quvvatini oshirish va ichki havo oqimlarini optimallashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

sharli tegirmonlarda qattiq materiallarni maydalashni faollashtirishning nazariy tamoyillarini o‘rganish;

sementni maydalash jarayonida sirt-faol moddalarning ro‘lini aniqlash;

quvurli tegirmonlarda zirx qoplamalarni barpo etishning printsipial yangi sxemasini ishlab chiqish;

sementni maydalik harakteristikasini aniqlashda zamonaviy yondoshuvni shakllantirish;

ko‘p kamerali quvurli tegirmon ishlab chiqarish quvvatini oshirishga to‘sqinlik qilayotgan omillarni aniqlash;

sementni maydalash uchun takomillashtirilgan energiya tejamkor qurilma ishlab chiqish.

Tadqiqotning ob‘yekti sifatida sementni maydalash jarayonining rejim ko‘rsatgichlari va maydalangan sementni solishtirma sirt yuzasini aniqlash usullari tanlab olingan.

Tadqiqotning predmeti sifatida quvurli tegirmon va ularning zirx qoplamalari tanlab olingan.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqotlarni bajarishda zamonaviy fizik-mexanik va fizik-kimyoviy tadqiqot usullari hamda tajribalarni matematik 3D modellashtirishning Solid Works Flow Simulation amaliy dasturlari to'plamidan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

uch to'liqli qoplama plitalarini qo'llash bilan sharli yuklamaning ish bajarish qobiliyatini oshirish imkoniyatlari asoslangan;

pog'onali rejimda ishlaydigan sharli yuklamaga mo'ljallangan perspektiv sirt yuzali qoplama plitalarini ishlab chiqish printsiplari isbotlangan;

perspektiv sirt yuzali qoplama plitalarini qo'llash orqali shar-material aralashmasidagi turg'un hududlarni parchalash yo'li bilan qattiq materiallarni maydalash maqbul ko'rsatkichlari aniqlangan;

ilk bora matematik 3D modellashtirish dasturlarini qo'llash orqali quvurli tegirmon kameralararo to'sig'iga yaqin masofalarda tegirmon ichki havosi oqimida tezligi past halqalar hosil bo'ladigan hududlar aniqlangan;

maydalik harakteristikasini aniqlashda cho'kma hajmini aniqlashga asoslangan tezkor usul yaratilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

quvurli tegirmonlar uchun shar-material aralashmasidagi turg'un hududlarni parchalashni ta'minlaydigan perspektiv sirt yuzali zirx qoplamalar ishlab chiqilgan;

pog'onali rejimda ishlaydigan sharli yuklamaga mo'ljallangan perspektiv sirt yuzali qoplama plitalar va ikki kamerali quvurli tegirmonlar uchun zirx qoplamaning yangi sxemasi ishlab chiqilgan;

maydalik harakteristikasini aniqlashda vaqt va materiallar sarfini kam talab etadigan yangi usul ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi tadqiqotlarni zamonaviy usul va vositalarni hamda tajribalarni matematik rejalashtirish usullarini qo'llagan holda bajarilganligi, tajriba yo'li bilan olingan xulosalarning nazariy asos bo'luvchi qonuniyatlar bilan mosligi, shuningdek, ishlanmalarning ishlab chiqarish sharoitlarida aprobatsiya qilinganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati sement ishlab chiqarishda maydalash jarayonlarini faollashtirish masalalarini o'rganishda, sanoatda ishlatiladigan tadqiqot usullarini kelgusidagi rivojiga va ishlab chiqarish nazoratini oshirilishiga hissa qo'shuvchi maydalik harakteristikasini aniqlash usulining ishlab chiqilganligida o'z aksini topgan. Shuningdek, ko'p kamerali quvurli tegirmonlari uchun mo'ljallangan perspektiv yuzali zirx plitalar va zirx qoplamalarni loyihalash usullarining ishlab chiqilishi ushbu yo'nalishlarning kelgusidagi rivojiga ijobiy ta'sir qilishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati olingan natijalarni sementni maydalash jarayonida qo'llash, ishlab chiqilgan nazorat usuli ishlab chiqarishda sifatni baholash va olingan natijalarni ishonchliligini oshirishda qo'shimcha ko'rsatkich sifatida,

perspektiv yuzali zirx qoplamalar ishlab chiqarish bo'yicha yangi korxonalarni tashkil etishda, qattiq materiallarni maydalashni faollashtirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Quvurli tegirmonlarda sementni maydalash jarayonini jadallashtirish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

quvurli tegirmonlarda maydalash jarayonini jadallashtirish borasida sement tegirmoni qoplamasi «BEKOBODSEMENT» AJ da ishlab chiqarishga joriy etilgan («BEKOBODSEMENT» AJ ning 2022 yil 18 may IV/723-son ma'lumotnomasi, "Sement tegirmoni qoplamasi" FAP 01654, 30.06.2021 y.). Natijada, «BEKOBODSEMENT» AJ dagi o'lchami Ø2×13 m quvurli tegirmon qoplamasining ishchi holati 183 kun (4392 soat) dan keyin ham qoniqarli bo'lishiga erishilgan va amaldagi standart talablariga javob beruvchi mahsulot olish imkonini bergan;

quvurli tegirmon barabani uchun zirx qoplama plitasiga O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intelektual mulk agentligining foydali modelga patenti olingan (№FAP 01653). Natijada, sement tegirmonining ishlab chiqarish quvvatini soatiga 45 tonnadan 55 tonnaga oshdi, sement mahsulotining 28 kunlik siqilishdagi mustahkamligini o'rtacha 2,2 - 4,0 MPa ga oshirish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari, jumladan 7 ta xalqaro va 8 ta respublika miqyosidagi ilmiy-texnik va ilmiy-amaliy anjumanlarda mufassal muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 23 ta ilmiy ish chop etilgan. Ulardan 5 ta ilmiy maqola, shu jumladan, asosiy dissertatsiya natijalarini nashr etish uchun O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan tavsiya etilgan 1 ta horijiy va 3 ta respublika miqyosidagi jurnallarda, shuningdek, O'z.R. IM Agentligining 3 ta foydali model (FAP 01653, 01654, 01890) uchun patentlari olingan.

Dissertatsiyaning hajmi va tuzilishi. Dissertatsiya kirish, to'rta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o'tkazilgan dissertatsiya tadqiqotining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, ob'yekti va predmeti tavsiflangan, O'zbekiston Respublikasining fan, innovatsiyalar va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mos ekanligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va olingan tajriba natijalarining ilmiy-amaliy ahamiyati, ularni ishlab chiqarish amaliyotga joriy qilinishi, tadqiqotlar natijalari asosida olingan patentlar va nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Sementni maydalash jarayoni bo'yicha tadqiqot ishlarining hozirgi kundagi holati**» deb nomlangan birinchi bobida quvurli sharli tegirmonlarda qattiq materiallarni maydalashni jadallashtirish qonuniyat va usullari, sementni maydalashni jadallashtirishda sirt-faol moddalar (SFM) ning qo'llanilishi va sementni maydalash jarayonini jadallashtirishda tegirmonlar zirx qoplamasining yangi turlarini ishlab chiqish tadqiqotlari borasidagi zamonaviy ilmiy-texnik

adabiyotlarning qisqacha tahlili bayon etilgan. Ilmiy-texnikaviy adabiyotlarning har tomonlama tahlili asosida tadqiqotlarning maqsadi va asosiy vazifalari shakllantirilgan.

Dissertatsiyaning «**Tadqiqot usullari, qoʻllanilgan xom-ashyo va uskuna tavsifi**» nomli ikkinchi bobida tadqiqot ishlarida qoʻllanilgan xom-ashyo materiallarining fizik-kimyoviy tavsiflari hamda fizik-mexanik va fizik-kimyoviy tadqiqot usullari haqida maʼlumotlar keltirilgan. Tadqiqotlarni bajarishda zamonaviy fizik-mexanik va fizik-kimyoviy tadqiqot usullari hamda tajribalarni matematik 3D modellashtirishning Solid Works Flow Simulation amaliy dasturlari toʻplamidan foydalanilgan.

Sement sanoatida maydalangan materiallarning maydalik darajasini aniqlashda standartlashtirilgan usullarda nazorat elaklaridagi qoldiq va havo oʻtkazuvchanlikga asoslangan usulda solishtirma sirt yuzasi koʻrsatkichlaridan foydalaniladi.

Standart nazorat elaklari sifatida 02 va 008 raqamli toʻrli elaklar qoʻllaniladi. Solishtirma sirt yuzasining oʻrtacha qiymati, zarrachalar umumiy yuzasining ularning massasiga nisbati koʻrinishida (sm^2/g), havo oʻtkazuvchanlikga asoslangan T-3 qurilmasida aniqlangan.

Quvurli tegirmon tuzilishi va ishlash prinsipi, tegirmonlar quvvati va ishlab chiqarish unumdorligini hisoblash metodikasi keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Sementni tegirmonlarda maydalash, sirt-faol moddalarning sement klinkeri maydalanishi jarayoniga taʼsiri**» nomli uchinchi bobi laboratoriya sharoitlarida sementni tegirmonlarda maydalash, sirt-faol moddalarning sement klinkeri maydalanishi jarayoniga taʼsiri, qattiq materiallar maydalik darajasini aniqlashning tezkor usulini ishlab chiqish, quvurli tegirmonlarda sementni maydalash jarayonini yangi turdagi zirx qoplamalarini qoʻllash orqali jadallashtirish va sement tegirmonining ichki havo oqimi (aspiratsiya) tizimini oʻrganish tadqiqotlariga bagʻishlangan.

Laboratoriya tegirmonida sementlarni maydalashda "BEKOBODSEMENT" AJ ning zahira ombori va tuyish sexi omboridan olingan klinkerlari ishlatilgan. Ishlab chiqarilayotgan klinkerning maksimal oʻlchami 40 mm dan yuqori boʻlib, bu fraksiyaning ulushi 32,71 % ni tashkil etadi. Oʻrtacha oʻlchami 1,87 mm li minimal oʻlchamli donalar ulushi 0,25 %. Sement klinkerining asosiy fraksiyasining oʻlchami 40-20 mm boʻlib, bu fraksiyaning ulushi 43,34 % ni tashkil etadi (1- jadval).

1- jadval

Klinkerning elakli tahlil natijalari

Namuna olingan joy	Elaklarda ushlab qolingan fraksiyalar miqdori, %					
	≥40 mm	40-20mm	20-10mm	10-5 mm	5-2,5 mm	2,5-1,25mm
Zahira ombori	32,71	43,94	10,36	9,31	3,51	0,25
Tuyish sexi ombori	8,08	42,26	27,68	16,11	5,55	0,32

Birinchi namuna boʻyicha klinker zarrachalarining oʻrtacha oʻlchamlari quyidagicha:

$$d_{o,r} = (32,71 \cdot 40 + 43,94 \cdot 20 + 10,36 \cdot 10 + 9,31 \cdot 5 + 3,51 \cdot 2,5 + 0,25 \cdot 1,25) / (32,71 + 43,94 + 10,36 + 9,31 + 3,51 + 0,25) = 23,44 \text{ mm.}$$

Ikkinchi namuna uchun esa ushbu ko'rsatgich quyidagiga teng:

$$d_{o,r} = (8,08 \cdot 40 + 42,26 \cdot 20 + 27,68 \cdot 10 + 16,11 \cdot 5 + 5,55 \cdot 2,5 + 0,32 \cdot 1,25) / (8,08 + 42,26 + 27,68 + 16,11 + 5,55 + 0,32) = 15,38 \text{ mm.}$$

Sanoat korxonalarida ishlab chiqarilgan sementlarning elakli tahlili natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

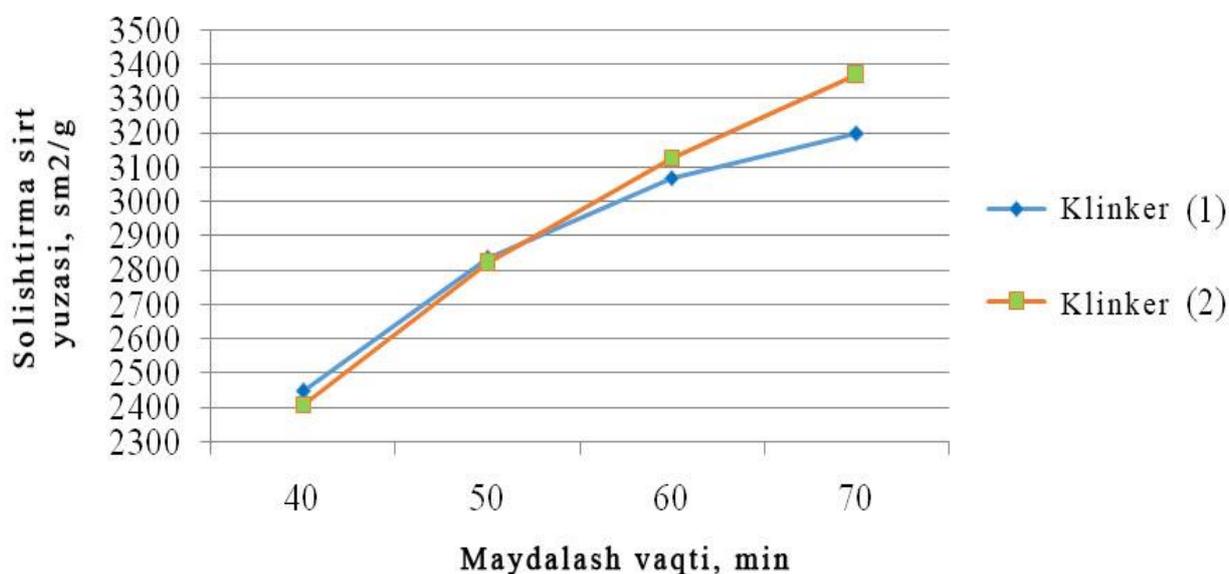
2-jadval

Sanoat korxonalarida ishlab chiqarilgan sementlarning elakli tahlili

Ishlab chiqarish korxonasi	Sementning granulometrik tarkibi, mas. %					Solishtirma sirt yuzasi, sm ² /g
	-0,9 +0,2	-0,2 +0,08	-0,08 +0,05	≤0,05	yo'qotish	
"Bekobod sement" AJ	0,88	8,74	17,77	67,00	5,61	2970
"Quvasoy sement" AJ	0,52	13,75	22,88	55,35	7,50	2935
"KEZAR" MChJ	-	10,86	25,75	58,50	4,89	3015

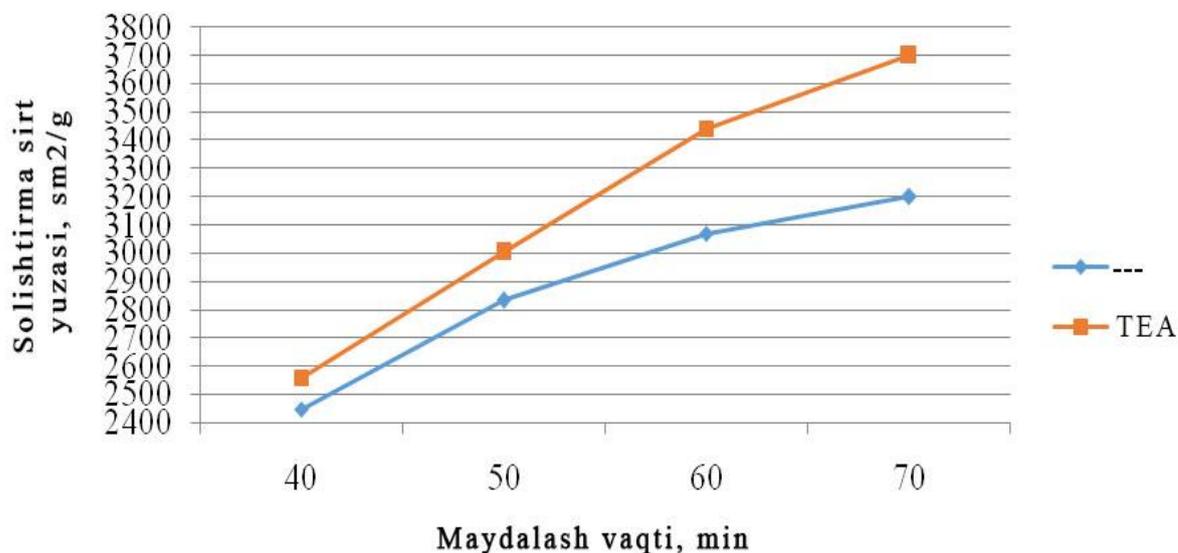
2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, "Bekobodsement" AJ sementining o'rtacha o'lchami - 0,026 mm, "Quvasoysement" AJ sementining o'rtacha o'lchami - 0,031 mm, "KEZAR" MChJ sementining o'rtacha o'lchami - 0,029 mm bo'lib, yuqoridagi korxonalar uchun maydalash darajasi mos ravishda 591-902, 496-756 va 530-808 ga tengdir.

Laboratoriya tegirmonida portlandsement klinkerini sharli tegirmonda maydalanish kinetikasi 1-rasmda keltirilgan bo'lib, 1- va 2- namunalar orasidagi farq namunalaning boshlang'ich ko'rsatgichlarida deb qaralishi to'g'ri bo'ladi, ya'ni klinkerlarning mineralogik tarkibi va uning qattiqligi maydalash jarayoniga ta'sir etadi.



1-rasm. Portlandsement klinkerini sharli tegirmonda maydalanish kinetikasi

2-rasmda sirt faol moddalarning maydalashga vaqt bo'yicha ta'sirini ko'rish mumkin. Sirt faol modda sifatida TEA qo'llanilganida solishtirma yuza 3200 sm²/g dan 3700 sm²/g gacha ortishi mumkin. Bu esa o'z navbatida olinadigan mahsulot sifati va markasining ortishiga olib keladi.



2-rasm. Sement klinkerini solishtirma sirt yuzasini o'zgarish kinetikasiga sirt faol moddalarning ta'siri

Solishtirma sirt yuzalarini bilgan holda har bir hol uchun 40, 50, 60 va 70 daqiqa oraliqlaridagi solishtirma sirt yuzasini o'sish tezligini hisoblab chiqdik (3-jadval).

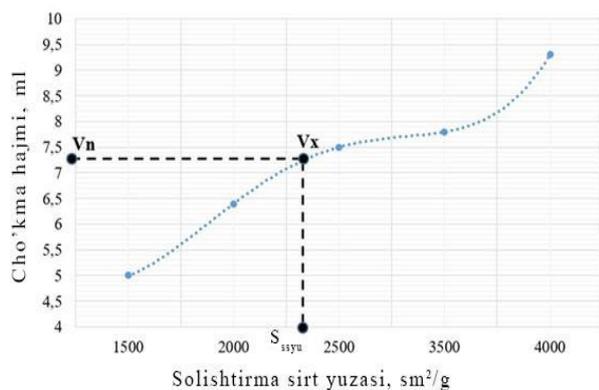
3-jadval

Maydalashda solishtirma yuzaning o'sish tezligi

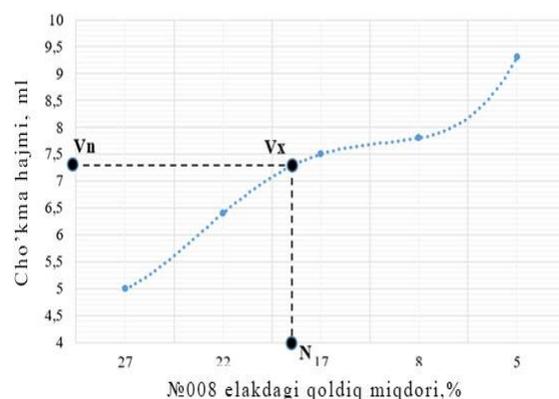
№	Bog'lovchi	SFM	Solishtirma sirt yuzasini o'rtacha o'sish tezligi	Maydalash vaqti, daq.			
				0-40	41-50	51-60	61-70
1	Klinker	-	V ₁ (sm ² /g·sek)	1,019	0,645	0,393	0,216
2	Klinker	TEA	V ₂ (sm ² /g·sek)	1,066	0,740	0,726	0,433

Maydalash jarayonini o'rganish mahsulotning maydalik karakteristikalarini aniqlash bilan bog'liq. Amaldagi tadqiqot usullari ko'p vaqt va mahsus qurilmalarni talab qilishi tufayli, maydalik darajasini aniqlashning sodda va foydalanishga qulay hamda tezkor usulini ishlab chiqish borasida ma'lum og'irlik va maydalik darajasigacha maydalangan namunaning suyuqlikda cho'kishida xar hil hajmdagi cho'kma hosil bo'lishiga asoslangan usulini ishlab chiqdik va bu usulga O'zR. IM Agentligining foydali modelga patenti olindi (FAP 01890).

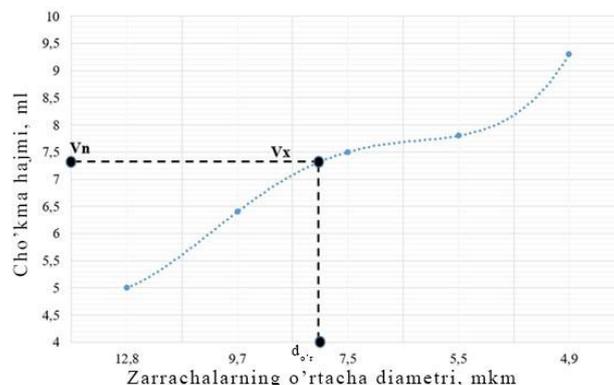
Tezkor usulga binoan, hajmi 15 ml va shkalasi 0,2 ml boʻlgan oʻlchov silindriga 10 ml suv solinadi. Texnik taroizida 0,01 g aniqlikda sementdan 5,0 g tortib olinadi. Tortib olingan sement voronka orqali oʻlchov silindriga toʻkiladi. Silindr rezina tiqin yoki shisha qapqoq bilan yopiladi va 1 daqiqa davomida silkitib aralashtiriladi. Shundan soʻng silindr 5 daqiqa tinch holatda qoldiriladi. Bu davrda sement zarrachalari choʻkмага tushadi. Choʻkma hajmi oʻlchanadi, mahsus jadvalga kiritiladi va ular asosida "choʻkma hajmi-solishtirma sirt yuzasi" (3-rasm), "choʻkma hajmi-008 elakdagi qoldiq" (4-rasm) va "choʻkma hajmi-zarrachalarning oʻrtacha diametri" (5-rasm) bogʻliqlik grafiklari tuziladi.



3-rasm. "Choʻkma hajmi-solishtirma sirt yuzasi" bogʻliqlik grafiği



4-rasm. "Choʻkma hajmi-008 elakdagi qoldiq" bogʻliqlik grafiği

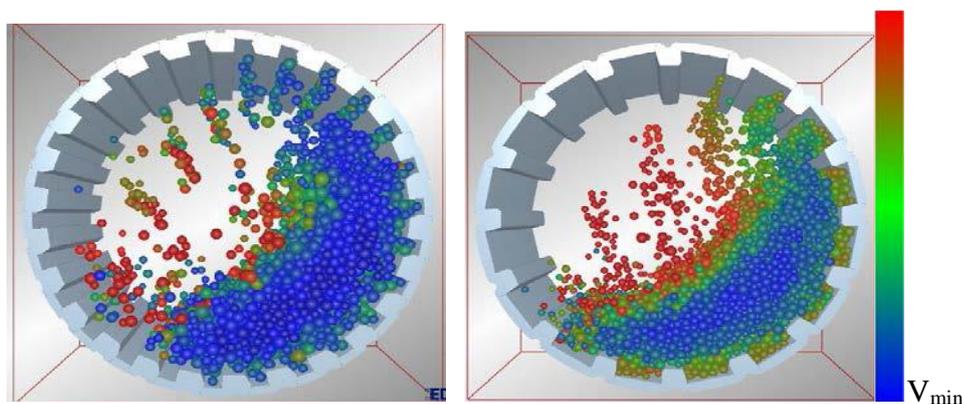


5-rasm. "Choʻkma hajmi-zarrachalarning oʻrtacha diametri" bogʻliqlik grafiği

Ixtiyoriy olingan sementning maydalik harakteristikasini aniqlash uchun berilgan namunaning choʻkma hajmi yuqoridagicha aniqlanadi va mos grafikdan sementning solishtirma sirt yuzasi, 008 elakdagi qoldigʻi va zarrachalarning oʻrtacha oʻlchami topiladi. Usulning xatolik darajasi $\pm 10\%$ dan oshmaydi.

Quvurli tegirmonlarda sementni maydalash jarayonini yangi turdagi zirx qoplamalarini qo'llash orqali jadallashtirishni loyihalashda jarayonga ta'sir etuvchi barcha omillarni e'tiborga olish kerak bo'ladi.

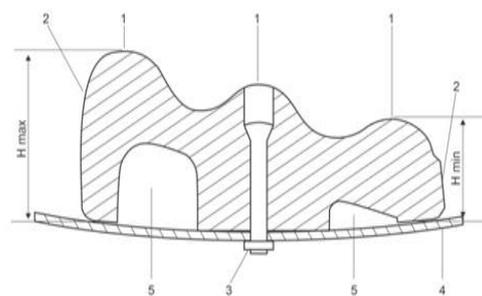
Ma'lumki, tegirmon harakatga keltirilishi bilan aylanishlar soniga bog'liq holda sharli yuklama pog'onali, sharshara yoki aralash rejimda harakatlanadi. Harakat rejimidan qat'iy nazar, sharli yuklamada kam harakatchan hudud hosil bo'ladi. Buni EDEM Analyst dasturi yordamida olingan tasvirda yaqqol ko'rish mumkin (6-rasm).



6-rasm. Sharli yuklama kam harakatchan hududining tasviri

Quvurli tegirmonlarda effektiv yuzali zirx plitalarni loyihalash orqali maydalash jarayonining samaradorligini oshirish sharli yuklamadagi ana shunday kam harakatchan hududlarni parchalash bilan bog'liqdir. Kam harakatchan hududlarni parchalash orqali maydalash jarayonida shar va material yuklamasining barcha qismi ishtirok etadi va maydalangan materialni maydalash hududidan olib chiqib ketish tezlashadi.

Sharshara rejimida ishlaydigan tegirmonlar uchun mo'ljallangan qoplama sifatida uch to'liqli samarali sirt yuzali plitani taklif etganmiz. Plitaning umumiy ko'rinishi 7a-rasm va chizmasi 7b-rasm keltirilgan.

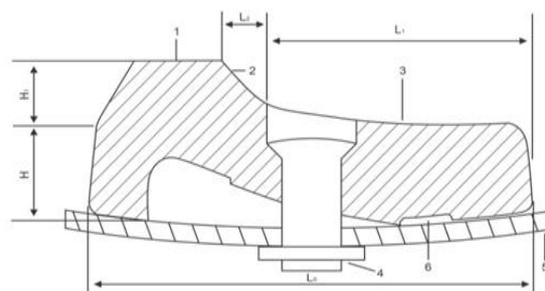


7-rasm. Uch to'liqli samarali sirt yuzali plita.

Pog'onali rejimda ishlaydigan tegirmonlar uchun mo'ljallangan qoplama sifatida poshnasimon samarali sirt yuzali plitani taklif etganmiz (foydali model patenti FAP 01653). Plitaning umumiy ko'rinishi 8a-rasm va chizmasi 8b-rasm keltirilgan.



a)



b)

8-rasm. Poshnasimon samarali sirt yuzali plita.

Taklif qilingan har ikkala plitalarning geometrik o'lchamlari amalda qo'llanib kelinayotgan zirx plitalar o'lchamiga teng qilib belgilangan. Shu sababdan, tegirmon qoplamasida mazkur plitalarni eski turdagi plitalar bilan aralashtirib terish ham mumkin bo'ladi. Plitalar mos kameralarga joylashtirilganida ko'taruvchi "liftlari" hosil qilib, maydalash jarayonini jadallashtiradi.

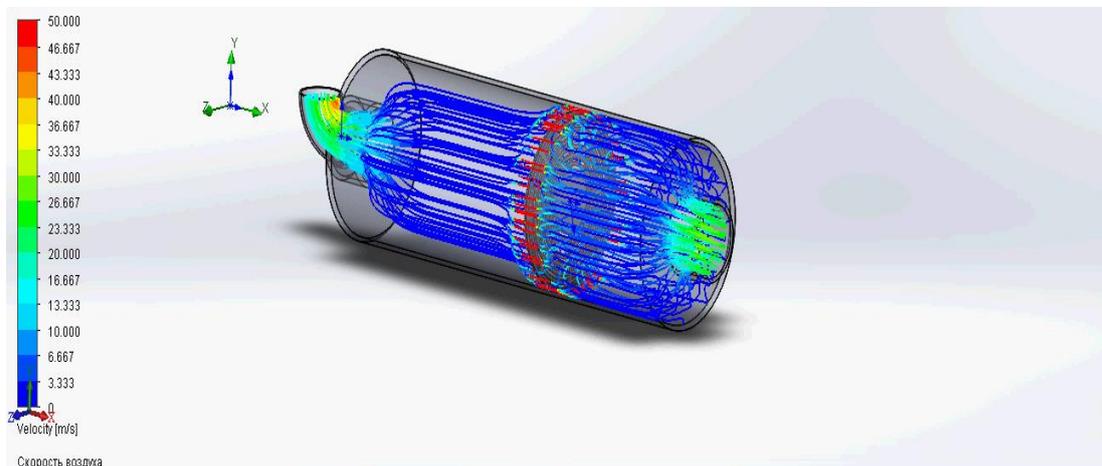
Sementning granulometrik tarkibi, maydalash qurilmalarida hosil qilingan sharoit ishlab chiqarishning samaradorligini belgilaydi. O'z navbatida quvurli tegirmon ichki havosi oqimi (tegirmon aspiratsiyasi) sement ishlab chiqarish texnologik tizimida maydalash jarayoniga ta'sir qiluvchi omillarning asosiylaridan biridir. Quvurli tegirmon ichki havosi oqimi sement ishlab chiqarishda maydalangan materialni maydalash hududidan olib chiqishni ko'zda tutadi. Shunday qilinganida materialning o'ta maydalanishi, maydalangan materialning tegirmon qoplamasi va sharli yuklamasiga yopishib qolishining oldini olish maqsadida maydalashda hosil bo'ladigan suv bug'larining tegirmondan chiqarib yuborilishi, tegirmon haroratining ko'tarilib ketib gips toshining degidratlanishi natijasida sementning tez qotishi masalalari o'z yechimini topadi. Umuman olganda, tegirmon ichki havosi oqimi maydalangan material zarrachalarining tarkibini shakllantirishning asosiy omillaridan biri hisoblanib, maydalash samarasini belgilaydi.

Matematik 3D modellashtirishning Solid Works Flow Simulation amaliy dasturlari to'plamidan foydalanib olib borilgan tadqiqotlarimiz natijasi shuni ko'rsatdiki, ikki kamerali quvurli tegirmonlardagi ichki havo oqimlari tezliklari bir kamerali tegirmonlardan farqlanib, oldin olingan ma'lumotlarni inkor etmaydi.

Ikki kamerali quvurli tegirmonlardagi ichki havo oqimlari tezliklarida kuzatiladigan farq kameralararo to'siqning mavjudligi bilan izohlanishi mumkin. Bunda, havo oqimini hosil qiluvchi mashinadan kelayotgan umumiy havo oqimi tegirmon ichida ikkita mustaqil oqimga ajraladi. Shu bilan birga, tegirmonning birinchi va ikkinchi kameralaridagi oqimlar bir-biridan havo oqimini hosil qiluvchi mashinaning ish rejimiga bog'liq holda tubdan farqlanadi.

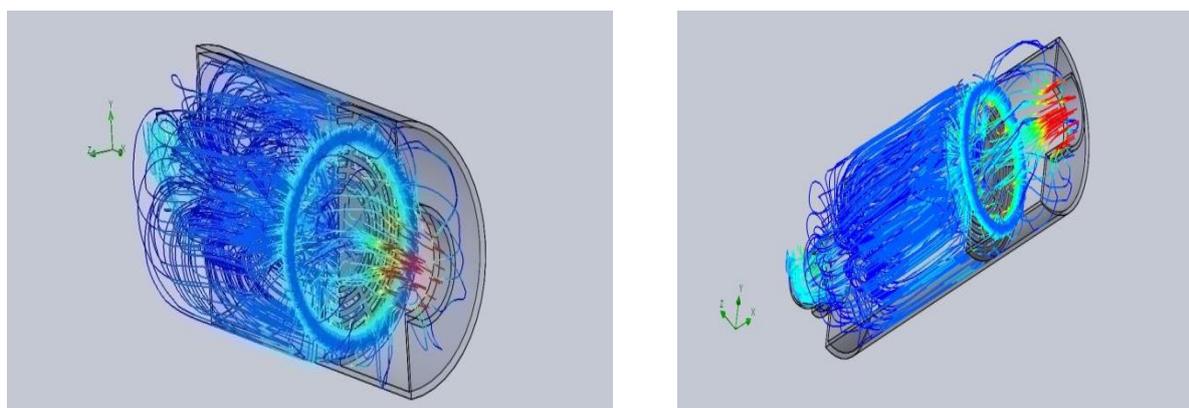
Tegirmonning to'kish tomonida havo oqimining tezligi 20 m/s bo'lganida bunday farq yaqqol ko'rinadi (9-rasm). Tegirmonning birinchi kamerasida havo oqimlari chiziqlari tegirmon o'qi bo'ylab jamlangan bo'lsa, ikkinchi kamerada oqim chiziqlari butun kamera hajmi bo'yicha taqsimlangan. Kameralararo to'siq havo

oqimiga qarshilik ko'rsatuvchi omil bo'lib, to'siq tirqishlaridan o'tayotgan havo oqimi tezligi kameradagi tezligidan ancha katta bo'lishiga olib keladi. Natijada, tez harakatlanadigan oqim maydalangan materialdan kichik zarrachalarni o'zi bilan olib ketadi. Shu bilan birga, birinchi va ikkinchi kameradagi havo oqimlari tezligi bir hil ekanligini e'tirof etish kerak.



**9-rasm. Ikki kamerali tegirmonda ichki havo oqimlari
($V=20$ m/s, ranglar gammasi - tezlik o'zgarishi)**

Tegirmonning to'kish tomonida havo oqimining tezligi 45 m/s ga yetganida, tegirmonning ikkinchi kamerasidagi havo oqimining tezligi va uning kamera hajmi bo'yicha taqsimlanishi o'zgaradi (10-rasm).



**10-rasm. Ikki kamerali tegirmonda ichki havo oqimlari
($V=45$ m/s, ranglar gammasi - tezlik o'zgarishi, 9-rasmga mos)**

10-rasmda tegirmonning 2-kamerasida kameralararo to'siq yaqinida havo oqimi tezligi past bo'lgan halqa hosil bo'lganini ko'rish mumkin. Havo oqimi tezligi past bo'lgan halqa maydalangan materialning to'siq orqali o'tishiga to'sqinlik qiladi. Quvurli tegirmon ichidagi aerodinamik sharoitning bunday holatlari havo oqimini

hosil qiluvchi mashinaning katta elektr energiyasi sarflanishi hisobiga sodir bo'ladi va katta tezlik bilan ishlaydigan mashinalarning tez ishdan chiqishiga olib keladi.

Tegirmonning 1-kamerasidagi shiddat bilan turli yo'nalishlarda turbulent o'ramalarning hosil bo'lishi maydalash jarayonining borishiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Birinchidan, oqim tezligining pasayishi jarayonda ko'taruvchi kuchning kamayishiga, natijada esa, maydalanayotgan material va tegirmon toshlari aralashmasidan kichik o'lchamli zarrachalarning olib ketilishiga olib keladigan bo'lsa, ikkinchidan, turbulent o'ramalarning hosil bo'lishi nisbatan katta o'lchamli zarrachalarning markazdan qochma kuch ta'sirida tegirmon zirx qoplamasiga urilishi natijasida yanada maydalanishiga sabab bo'ladi.

Kameralararo to'siq yaqinida havo oqimi tezligi past bo'lgan halqa hosil bo'lishi, bizningcha, ko'p kamerali quvurli tegirmonlar ishlab chiqarish quvvatini oshirishga to'sqinlik qiladigan asosiy omillardan biri bo'lishi mumkin. Sement ishlab chiqarishning impulsli texnologiyasida kameralararo qiya to'siqli quvurli tegirmonlarni qo'llash takliflari kiritilgan.

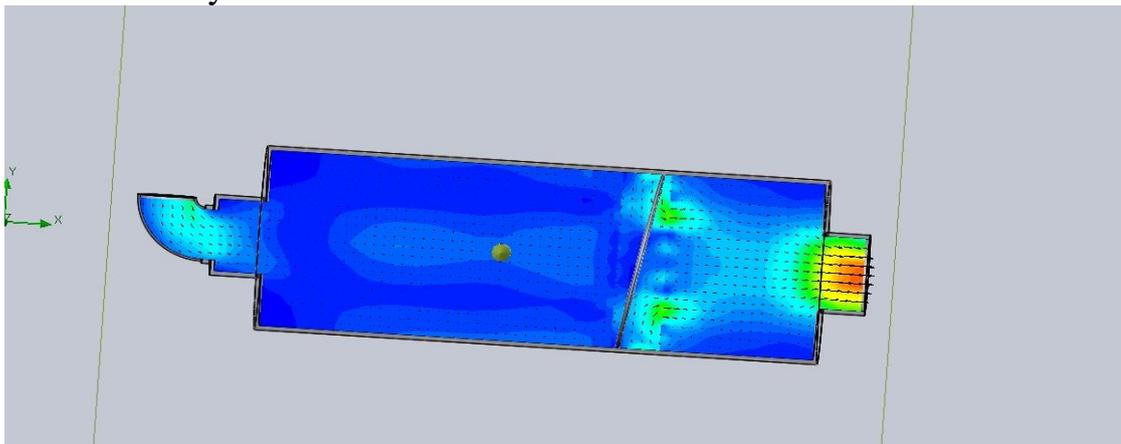
Sement ishlab chiqarishning impulsli texnologiyasi V.V.Kafarov tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, bu texnologiyaning mohiyati texnologik jarayonning kinetikasi va gidrodinamikasiga hal qiluvchi ta'sir etuvchi ishchi muhit oqimlarining o'zgartirilishini nazarda tutadi. Impulsli ta'sirning oqim o'zgarishlari sistemaga solinib, uning to'g'ri burchakli, uzlukli, ketma-ket almashinuvli va murakkab kombinatsiyali turlari alohida guruhga birlashtirilgan. Impulsli texnologiyani qo'llashning samarasi, xususan qattiq materiallarni maydalashda, kam harakatchan hududlar, teskari oqimlarning hosil bo'lishi va materiallarning tegirmon uzunligi bo'yicha qayta taqsimlanishini yo'qotish yoki kamaytirishga qaratilgan.

Maydalashning impulsli texnologiyasida tegirmon yoki uning kameralarida gaz-material oqimlarining tuzilish ko'rsatkichlari sifatida tegirmonda aspiratsiya havosi, aralashma va uning alohida komponentlarining o'tish vaqti olinadi. Shuningdek, ushbu oqimlarga taaluqli Pekle sonining ko'rsatkichlari ahamiyatlidir. Pekle sonining ortishi oqim harakatining tartibga solinganligi va ideal siqib chiqarish rejimiga yaqinlashganidan darak beradi.

Quvurli tegirmonlarda kameralararo qiya to'siqlarni vertikal to'siqlar o'rniga o'rnatish ham sharli yuklama harakatini yaxshilashni ko'zda tutadi. Kameralararo qiya o'rnatilgan to'siqlar tegirmon yuklamasining og'irlik markazini gorizontal va vertikal tekisliklar bo'yicha surilishini ta'minlab, kameralararo to'siq yaqinida havo oqimi tezligi past va turg'un bo'lgan hududlarni parchalashga xizmat qiladi. Turg'un hududlar parchalanishi kameralararo qiya o'rnatilgan to'siqlarda materialning to'kilishi hisobiga amalga oshadi.

Bu jarayonni 3D modellashtirishning Solid Works Flow Simulation amaliy dasturlari to'plami yordamida olingan tasvirlarimizda yaqqol ko'rish mumkin (11-rasm). Tegirmon aylanishi davrida qiya to'siqlar havo oqimi tezligi kattaroq hududga o'ta oladi. Qiya to'siq ustiga shar-material yuklamasining to'kilishi bilan birga, havo oqimi tezligining ortishi hisobiga havo oqimining ko'tarish kuchi kattalashadi va ko'proq miqdorda maydalangan zarrachalarni olib chiqish imkoniga ega bo'ladi.

Natijada, tegirmonning maydalash unumdorligi ortadi, elektr energiyasining solishtirma sarfi kamayadi.



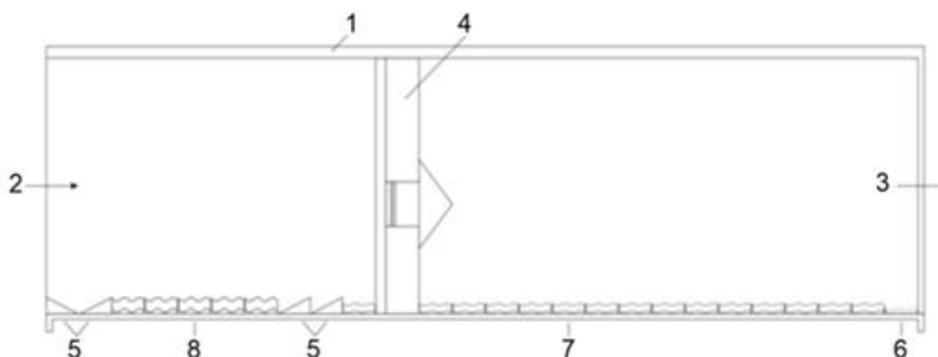
11-rasm. Kameralararo qiya o‘rnatilgan to‘siqlari bo‘lgan ikki kamerali tegirmondagi ichki havo oqimlari (V=45 m/s, ranglar gammasi - tezlik o‘zgarishi, 9-rasmga mos)

Tegirmon ichki havosi oqimlariga oid izlanishlarimiz natijalari va chop etilgan ilmiy maqolalar tahlili asosida quyidagi imkoniyatlar yuzaga kelishi mumkin:

- elektr energiyasining solishtirma sarfini 10% ga kamaytirish;
- to‘siqlardagi tirqishlar hajmini 40-50% ga oshirib, ichki havo oqimlari samaradorligini ko‘tarish;
- sement va havo oqimi haroratini 10 °C ga kamaytirish;
- tegirmon toshlari massasi birligiga nisbatan sement ishlab chiqarishni 1,4 barobarga oshirish.

Dissertatsiyaning "**Ilmiy tadqiqot natijalarining amaliyotda joriy qilinishi**" nomli to‘rtinchi bobida ikki kamerali sement tegirmonini yangi avlod zirx plitalar bilan qoplash sxemasi va maydalik harakteristikasini aniqlashning tezkor usuli aprobatsiyasi ma‘lumotlari keltirilgan.

Ikki kamerali quvurli tegirmon uchun maydalash jarayonini jadallashtiruvchi qoplama sxemasi taklifiga O‘z.R. IM Agentligining foydali modelga patenti olingan (FAP 01654). Qoplama sxemasida yuqorida keltirilgan yangi turdagi perspektiv sirt yuzali plitalar qo‘llanilgan (12-rasm).



12-rasm. Ikki kamerali quvurli sement tegirmoni qoplamasi sxemasi

Sement tegirmoni qobiq 1, kirish 2 va chiqish 3 tomonlari, kameralararo to'siq 4 hamda turli xil sirt yuzali zirx plitalar qoplamasidan tashkil topgan. Qoplama qobiq aylanasi bo'ylab o'rnatilgan 25 qator plitalardan iborat bo'lib, unda konus-to'lqinli 5, tekis yuzali 6, poshnasimon 7 va texnologik ko'taruvchi "lift" li 8 plitalar ishlatilgan.

Quvurli tegirmon birinchi kamerasing kirish tomonida ikki qator konus-to'lqinli 5 plitalar o'rnatilgan: birinchi qatorda ularning yo'nalishi kamera ichkarisiga qaratilgan bo'lsa, ikkinchi qatoridagilar kirish tomonga qaratilgan. Bunda yirik sharlar kirish tomonda to'planib, zarb ta'sirida maydalinishi tezroq boradi.

Qoplamaning 3-7 qatorlari uch to'lqinli samarali sirt yuzali plita 8 dan tashkil topgan. Ko'taruvchi "lift" balandligi aylanish yo'nalishida kamayib boradi.

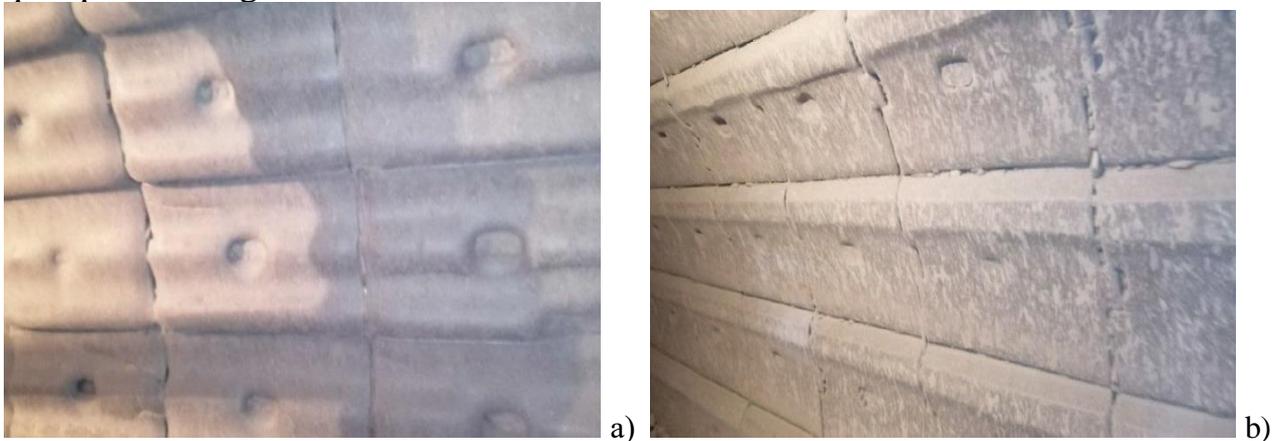
Qoplamaning 8- va 9- qatori kirish tomoniga qaratilgan konus-to'lqinli 5 plitalardan terilgan. Plitalar yo'nalishi kameralararo to'siqqa yaqin hududda katta shar va materiallarning yig'ilib qolishining oldini oladi.

Qoplamaning 10-25- qatorlari taklif etilgan poshnasimon sirt yuzali 7 plitalardan iborat. Tegirmon qoplamasining 7- va 26- qatori tekis yuzali 6 plitalardan shakllangan.

Aynan shu tartibda o'rnatilgan zirx plitalari qoplamasi "BEKOBODSEMENT" AJ dagi 4-sement tegirmonida 2020 yil aprel oyida o'rnatilgan. Sement tegirmonining o'lchami Ø2,6x13,0 m, birinchi kamerasing o'lchami Ø2,46x6,0 m, ikkinchi kamerasing o'lchami Ø2,56x6,75m. Tegirmonning aylanishlari soni - 18,2 marta/daq. ("BEKOBODSEMENT" AJ ning 2022 yil 18 may IV/723 - sonli ma'lumotnomasi).

Qoplama sxemasiga asosan, qoplamada konus-to'lqinli plitalardan 1-2-8-9-qatorlar uchun 104 dona, yangi uch to'lqinli samarali sirt yuzali plitalardan 3-4-5-6-7-qatorlar uchun 156 dona, poshnasimon yangi sirt yuzali plitalardan 12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-qatorlar uchun 364 dona va yuzasi tekis plitalardan 26-qator uchun 26 dona ishlatilgan. Qoplama uchun ishlatilgan barcha zirx plitalari "Bekobodsement" AJ ning metall quyish sexida tasdiqlangan chizmalar asosida quyilgan (ilova 1).

Tegirmon 6 oy mobaynida (4392 soat) ishlaganidan so'ng zirx qoplama holati qoniqarli ekanligini 13-rasmdan ko'rish mumkin.



13-rasm. Ikki kamerali sement tegirmoni birinchi (a) va ikkinchi kamerasi (b) qoplamasi, 6 oydan keyingi holat

Tegirmon qoplamasining plitalari har ikkala kamerada bir tekisda yedirilgan. Plitalarda sinishlar va yoriqlar kuzatilmagan.

Tegirmonda yangi qoplama o'rnatilgandan so'ng, tegirmon ishlab chiqarish unumdorligi soatiga 2-3 tonnaga oshganligi qayd etilgan.

Quvurli tegirmonlarda sementni maydalash jarayonini jadallashtirish, tegirmon ish quvvatini oshirish va solishtirma energiya sarfini kamaytirish maqsadida "NAMANGANSEMENT" MChJ da o'rnatilgan o'lchami Ø3,2x13 m bo'lgan separatorli sement tegirmonida 2022 yilning dekabr oyida amalga oshirilgan rekonstruksiya ishlarida quyidagilar bajarildi: 3 kamerali tegirmonning 1- va 2-kameralari orasidagi to'siq olib tashlandi, 2- va 3- kameralar orasidagi to'siq esa 6,75m gacha surilib, tegirmon ikki kameralikka o'tkazildi. Bunda 1- kamera uzunligi 6,75 m, 2- kamera uzunligi 5,75 m qilib belgilandi. Tegirmonning 1-kamerasi konus-to'lqinli plitalar bilan qoplangan bo'lsa, 2- si poshnasimon yangi sirt yuzali plitalar bilan qoplandi ("NAMANGANSEMENT" MChJ ning 2023 yil 3 may 70 - sonli ma'lumotnomasi).

Natijada, sement tegirmonining ishlab chiqarish quvvati 45 tonna/soatdan 55 tonna/soatga oshdi, sement mahsulotining 28 kunlik siqilishdagi mustahkamligi o'rtacha 2,2 - 4,0 MPa ga ortdi va 1 tonna sement ishlab chiqarishga sarflanadigan elektr energiyasi miqdori 106 kVt dan 98 kVt ga kamaydi ("NAMANGANSEMENT" MChJ ning 2024 yil 8 yanvar 5 - sonli ma'lumotnomasi).

Sement va boshqa materiallarning maydalik darajasini aniqlash usuli Urganch Davlat Universitetida o'quv jarayoniga joriy qilingan (Urganch Davlat Universiteti O'quv-uslubiy Kengashining 2023 yil 24 iyundagi 5 - sonli yig'ilishining bayonnomasi). Natijada, ishlab chiqarish va laboratoriya sharoitlarida sementlarning maydalik karakteristikalarini aniqlashning tezkorligini oshirish imkonini bergan.

XULOSA

“Quvurli tegirmonlarda sementni maydalash jarayonini jadallashtirish” nomli texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi natijalar olindi va xulosalar qilindi:

1. Sirt-faol moddalar ishtirokida maydalash jarayonini jadallashtirish natijasida 0,03% trietanolamindan foydalanish orqali maydalashga sarflangan elektr energiyasining solishtirma sarfi 28,5% ga kamayishi, tegirmonning solishtirma ishlab chiqarish unumdorligi esa 39,09% ga oshirishga erishildi.

2. Sement karakteristikalarini tezkor aniqlash, kam vaqt talab etadigan usuli ishlab chiqildi, usulning xatolik darajasi 10% dan oshmaydi. Ushbu usul ishlab chiqarish korxonalarida va Oliy ta'lim tizimida laboratoriya mashg'ulotlarida sement hususiyatlarini tezkor aniqlashda qo'llash tavsiyalar berildi.

3. Sharshara rejimida ishlaydigan quvurli tegirmonlar uchun mo'ljallangan qoplama sifatida uch to'lqinli samarali sirt yuzali zirx plita taklif etildi. Natijada, sharshara rejimida ishlaydigan sharli tegirmonlarda zarb kuchi 1,2 marta oshib maydalash jarayoni tezlashadi.

4. Pog'onali rejimda ishlaydigan quvurli tegirmonlar uchun mo'ljallangan qoplama sifatida poshnasimon samarali sirt yuzali plitaning yangi turi ishlab chiqildi.

Natijada, materialdan kichik o'lchamli ($\geq 0,05$ mm) zarrachalar intensiv ajratib olindi va tegirmonning ishlab chiqarish qobiliyati 25% ga ortdi.

5. Effektiv yuzali zirx plitalardan tashkil topgan qoplamalarni quvurli tegirmonlarda qo'llash natijasida maydalash jarayoni samaradorligini 1,1-1,2 barobarga oshirish mumkinligi isbotlandi.

6. Maydalash jarayonini matematik 3D modellashtirishning Solid Works Flow Simulation amaliy dasturlari to'plami yordamida tahlil qilish natijasida ikki kamerali tegirmonlarda unumdorlikni oshirishga to'sqinlik qiluvchi kameralararo to'siq yaqinida havo oqimi tezligi past bo'lgan hududlar hosil bo'lishi aniqlandi va tegirmonlarda kameralararo qiya o'rnatilgan to'siqlardan foydalanish 25-30% ga samara berishi asoslab berildi.

7. "NAMANGANSEMENT" MChJ ning Texnik kengashida taklif etilgan tegirmon zirx qoplamasi, "BEKOBODSEMENT" AJ va "NAMANGANSEMENT" MChJ da olib borilgan ishlar muhokamadan o'tkazilgan va ishlanmalarga "Innovatsion loyiha" sifatida baho berilgan. Quvurli tegirmonlar ishlab chiqarish unumdorligini soatiga 10 tonnaga oshirish orqali yillik ishlab chiqarish quvvati 750000 tonna bo'lgan sement korxonasiida 2 mlrd. 730 mln. so'm iqtisodiy samara olish mumkin.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 03/30.12.2019.Т.04.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

**АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

СУЛТОНОВА МАСЪУДА АБДУВАЛИЕВНА

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОМОЛА ЦЕМЕНТА В ТРУБНЫХ
МЕЛЬНИЦАХ**

**02.00.16 – Процессы и аппараты химических технологий и пищевых производств
(технические науки)**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Ташкент-2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии Узбекистан за В2024.1.PhD/Т4397

Докторская диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tkti.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель: Хурмаматов Абдугоффор Мирзабдуллаевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Сафаров Жасур Эсерганович
доктор технических наук, профессор

Нигмаджанов Самугжан Каримжанович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: Гулистанский Государственный университет

Защита диссертации состоит « 6 » 01 2024 года в 9:00 часов на заседании Научного совета DSc. 03/30.12.2019.Т.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте. (Адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхантахурский район, улица А.Навоий, 32. Тел.: (99871) 244-79-20; факс: (99871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz. Административное здание).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института (зарегистрирован за № 889). (Адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхантахурский район, улица А.Навоий, 32. Тел.: (99871) 244-79-20; факс: (99871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz).

Автореферат диссертации рассмотрен 12 2024 года.
(протокол рассылки № 484 от 12 2024 года).




Туробжонов С.М.
Председатель разового научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.т.н., академик


Кадиров Х.И.
Ученый секретарь разового
научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор


Рахмонбердиев Г.Р.
Председатель разового научного семинара
при научном совете по присуждению
ученых степеней, д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время в промышленности строительных материалов, т.е. при производстве цемента, важное место занимает внедрение современных технологий энерго- и ресурсосбережения, снижение удельного потребления электроэнергии при производстве продукции. Мощность современных предприятий по производству цементов составляет 1-3 млн. тонн. Основная часть потребляемой электрической энергии приходится на измельчение сырьевых материалов, их перемешивания, обжиг, на помол полученного клинкера совместно с гипсом и добавками. Поэтому, совершенствование конструкций помольных агрегатов и создание схем получения продукции высокого качества соответствующих мировым экологическим требованиям является одним из приоритетных задач.

В мире общее развитие технологий измельчения цементных изделий, то есть рекомендации по более широкому внедрению двухступенчатой системы измельчения на предприятиях, широко признаны в качестве преимуществ вертикальных мельниц для крупного помола клинкера. Особое внимание уделяется внедрению процессов измельчения в эффективных устройствах, расчету шарнирных мельниц и разработке высокоэффективных измельчающих элементов, замене и испытанию существующих на производственных и эффективных образцах.

В производственной сфере строительных материалов и изделий нашей республики проводятся исследования по углублению производственных реформ и их развитию, совершенствованию типа строительных материалов, изделий и конструкций. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены такие важные задачи, как "поднятие промышленности на качественно новый уровень, глубокая переработка местных источников сырья, ускорение производства готовой продукции, освоение новых видов продукции и технологий"². Важное научное значение в связи с этим имеет повышение качества продукции, разработка устройств, позволяющих снизить энергетические затраты, создание современных технологий процесса измельчения цемента.

Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 "О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы", ПП-4265 от 3 апреля 2019 года "О мерах по дальнейшему реформированию химической промышленности и повышению ее инвестиционной привлекательности", ПП-4302 от мая 1 июля 2019 года "О мерах по дальнейшему развитию промышленной кооперации и расширению производства продукции, пользующейся высоким спросом" и ПП-307 от 6 июля 2022 года "О стратегии инновационного развития Республики Узбекистан в 2022-2026 годах", а также задачи других нормативно-правовых документов, связанных с деятельностью в данной сфере, данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации решений задач, указанных в данных документах.

² Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы»

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данная работа выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики VII «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Научными исследованиями в области интенсификации цемента и других вяжущих занимались В.К.Классен, Д.К.Крюков, В.Д.Барбанягрэ, В.С.Богданов, В.С.Севостьянов, И.Н.Борисов, В.И.Калашников, С.И.Ханин, Р.Р.Шарапов, Ю.М.Фадин, П.В.Зозуля, А.А.Крикунова, Н.С.Сембаев, К.Де.Верт, W.Scherer, W.R.Dersnah, R.A.Loveland, F.W.Locher, B.Schiller и И.С.Канцепольский, Б.И.Нудельман, Т.А.Атакузиев, Н.А.Сирожиддинов, А.А.Исмаатов, Э.У. Касимов, У.А.Газиев, А.А.Тулаганов, Х.Х.Камилов, М.Искандарова, Н.Х.Толипов, З.П.Пулатов, А.А.Мухамедбаев и др.

Они проводили исследования по механической активации различных вяжущих материалов, разработки по энергосберегающим методам измельчения, разработку и проектирование новых типов броневых плит для мельниц, и внедрение схем броневых футеровок на их основе.

В то же время ведутся научные работы по проектированию плит с эффективной поверхностью, которые обеспечивают эффективную сортировку шаровой загрузки, разработку ускоренных методов определения степени измельчения, исследования других методов интенсификации процесса измельчения в шаровых мельницах.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках плана хоздоговорных работ Института общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан №87 «Проверка технического состояния цементных мельниц № 1-7 АО «QIZILQUMSEMENT».

Целью исследования является повышение производительности трубных мельниц с использованием новых видов бронеплит и оптимизацией аспирационного воздуха.

Задачи исследования:

исследование факторов, влияющих на интенсификацию помола твердых материалов в шаровых мельницах;

определение роли поверхностно-активных веществ в процессе помола цемента;

разработка принципиально новых схем формирования броневых футеровок трубных мельниц применением бронеплит с перспективной поверхностью;

формирование новых подходов определения характеристик измельчения;

определение факторов, являющихся факторами сдерживания повышения производительности многокамерных трубных мельниц;

разработка энергосберегающего усовершенствованного устройства для измельчения цемента.

Объектом исследования выбраны режимные показатели процесса измельчения цемента и методы определения удельной поверхности измельченного цемента.

Предметом исследования являются трубные мельницы и их броневая футеровка.

Методы исследования. В процессе исследований были использованы современные общеизвестные физико-механические и физико-химические методы исследований, а также пакет прикладных программ 3D моделирования Solid Works Flow Simulation.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

обоснована возможность повышения размолоспособности шаровой нагрузки за счет применения бронеплит с трехволновым профилем;

доказаны принципы разработки броневых плит с перспективной поверхностью, предназначенных для работы в условиях каскадного режима шаровой загрузки;

установлены оптимальные параметры интенсификации помола твердых материалов путем разрушения застойных зон шаро-материальной смеси применением бронеплит с перспективной поверхностью;

впервые применение программ математического 3D моделирования установлено образование колец с низкой скоростью потока вблизи к междукамерной перегородке трубной мельницы;

разработан ускоренный способ определения характеристик тонкости помола, основанный на определении объема осадка.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

для трубных мельниц разработана бронифутеровка с перспективной поверхностью, обеспечивающее разрушение застойных зон в шаро-материальной смеси;

разработаны броневые плиты с эффективной поверхностью для работы в условиях каскадного режима шаровой загрузки и новая схема броневой футеровки двухкамерной мельницы;

разработан новый способ определения характеристик тонкости помола не требующего больших трудовых и материальных затрат.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов определяется проведением исследований с использованием современных методов и средств, методов математического планирования эксперимента, соответствием полученных экспериментальных выводов с теоретическими основополагающими законами, а также апробации разработок в производственных условиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в изучении вопросов повышения производительности помола цемента, в разработке способа определения характеристик тонкости измельчения, направленных на развитие методов исследования в промышленности и вносимого определенный

вклад операционного контроля производства. Кроме этого, разработка бронеплит с перспективной поверхностью и формулирование принципов проектирования схем футеровки многокамерных трубных мельниц, послужат в будущем на развитие данного направления исследований.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения полученных данных при помоле цемента; в использовании разработанной методики контроля в качестве дополнительного критерия оценки качества; в организации новых производств по производству броневых плит с эффективной поверхностью; в интенсификации процессов помола твердых материалов.

Внедрение результатов исследования. Результаты исследований апробированы в производственных условиях и получены следующие результаты:

для интенсификации процесса измельчения трубной мельницы, схема бронефутеровки цементной мельницы внедрена на АО «BEKOBODSEMENT» (Справка № ИВ/723 от 18 мая 2022 года АО «BEKOBODSEMENT»; «Футеровка цементной мельницы» FAP 01654 UZ, 30.06.2021). В результате, состояние бронефутеровки трубной мельницы размером Ø2x13 м, установленного на АО «BEKOBODSEMENT», после 183 суток работы (4392 часа) удовлетворительное и на протяжении этого времени получен цемент отвечающий требованиям действующего стандарта;

на бронеплиту для барабана трубной мельницы получен патент на полезную модель Агентства интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан (№FAP 01653). В результате производительность цементного завода увеличилась с 45 до 55 тонн в час, что позволило увеличить прочность цементного изделия к 28 суткам сжатия в среднем на 2,2-4,0 МПа.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования прошли апробацию и изложены в виде докладов на 7 международных и 8 республиканских научно-технических и научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 23 научных работ. Из них 5 научных статей, в том числе 1 в зарубежных и 3 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, а также получены 3 патента на полезные модели АИС РУз (FAP № 01653, 01654, 01890).

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность диссертационной работы, формируются цели и задачи, приводятся объект и

предмет исследования, устанавливается соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки, инноваций и технологий Республики Узбекистан, приводятся научная новизна и научно-практическая значимость полученных экспериментальных результатов, внедрение их в производственную практику, сведения по полученным патентам и опубликованным работам на основе результатов исследований, а также структура диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние исследований в области исследований процесса помола цемента»** приводится краткий анализ современной научно-технической литературы по закономерностям и способам интенсификации помола твердых материалов в трубной шаровой мельнице, применении поверхностно-активных веществ (ПАВ) для интенсификации процесса помола цемента и разработки новых видов броневых футеровок мельниц с целью интенсификации процесса помола цемента. На основании многостороннего тщательного анализа научно-технической литературы была сформирована цель и основные задачи исследований.

Во второй главе диссертации **«Методы исследования, характеристика сырья и аппаратуры»** приведены физико-химические характеристики сырьевых материалов и изложены современные физико-механические и физико-химические методы исследования. При проведении работ использованы современные методы физико-механического и физико-химического анализа, а также пакет прикладных программ 3D моделирования Solid Works Flow Simulation.

В промышленном производстве цемента для анализа степени измельчения пользуются стандартными методами контроля по остатку на контрольных ситах и показателю удельной поверхности определяемой методом воздухопроницаемости.

В качестве стандартных контрольных сит приняты сита с сеткой 02 и 008.

Удельная поверхность, определяемая отношением общей поверхности частиц к её массе ($\text{см}^2/\text{г}$), исследовали методом воздухопроницаемости на приборе Т-3.

Конструкция трубной мельницы и принцип её работы приведена в методике расчета мощности и производительности мельницы.

Третья глава диссертации **«Помол цемента в мельницах, влияние поверхностно-активных веществ на процесс измельчения цементного клинкера»** посвящена вопросам помола цемента в лабораторных условиях, исследованиям влияния поверхностно-активных веществ на процесс помола цементного клинкера, разработке ускоренного способа определения тонкости помола твердых материалов, интенсификации процесса помола цемента в трубной мельнице путем использования броневой футеровки нового поколения и исследованиям системы внутренних потоков воздуха (аспирации) цементной мельницы.

При помоле цемента в лабораторной мельнице использованы цементные клинкера, отобранные со склада клинкера и склада цеха помол АО

“BEKOBODSEMENT”. Максимальный размер зерен производимого клинкера 40 мм, доля этой фракции составляет 32,71% от общего объема. Минимальный размер зерен равный в среднем 1,87 мм, и его доля не превышает 0,25 %. Основной фракцией цементного клинкера является зерна размером 40-20 мм и доля этой фракции составляет 43,34 % (таблица 1).

Таблица 1

Результаты ситового анализа клинкера

Место отбора проб	Количество фракций удержанных на ситах, %					
	≥40мм	40-20мм	20-10мм	10-5 мм	5-2,5 мм	2,5-1,25мм
Склад клинкера	32,71	43,94	10,36	9,31	3,51	0,25
Склад цеха помол	8,08	42,26	27,68	16,11	5,55	0,32

Средний размер зерен клинкера первой пробы следующий:

$$d_{cp} = (32,71 \cdot 40 + 43,94 \cdot 20 + 10,36 \cdot 10 + 9,31 \cdot 5 + 3,51 \cdot 2,5 + 0,25 \cdot 1,25) / (32,71 + 43,94 + 10,36 + 9,31 + 3,51 + 0,25) = 23,44 \text{ мм.}$$

Средний размер зерен клинкера второй пробы:

$$d_{cp} = (8,08 \cdot 40 + 42,26 \cdot 20 + 27,68 \cdot 10 + 16,11 \cdot 5 + 5,55 \cdot 2,5 + 0,32 \cdot 1,25) / (8,08 + 42,26 + 27,68 + 16,11 + 5,55 + 0,32) = 15,38 \text{ мм.}$$

Результаты ситового анализа цементов промышленных предприятий приведена в таблице 2.

Таблица 2

Результаты ситового анализа цементов промышленных предприятий

Завод-изготовитель цемента	Гранулометрический состав цемента, мас. %					Удельная поверхность, см ² /г
	-0,9 +0,2	-0,2 +0,08	-0,08 +0,05	≤0,05	Потери	
АО “Bekobodsement”	0,88	8,74	17,77	67,00	5,61	2970
АО “Quvasoysement”	0,52	13,75	22,88	55,35	7,50	2935
ООО “KEZAR”	-	10,86	25,75	58,50	4,89	3015

Из данных таблицы 2 видно, при среднем размере зерен цемента АО “Bekobodsement” – 0,026 мм, средний размер зерен цемента АО “Quvasoysement” – 0,031 мм, а средний размер зерен цемента ООО “KEZAR” – 0,029 мм. Степень измельчения для вышеприведенных производителей цемента составляет соответственно 591-902, 496-756 и 530-808.

Кинетика измельчения портландцементного клинкера в лабораторной шаровой мельнице приведена на рисунке 1, где разница в показателях образца 1 и 2 можно рассматривать как заложенных в исходных показателях образцов, т.е. минералогический состав и прочность клинкеров непосредственно оказывают влияние на процесс измельчения.

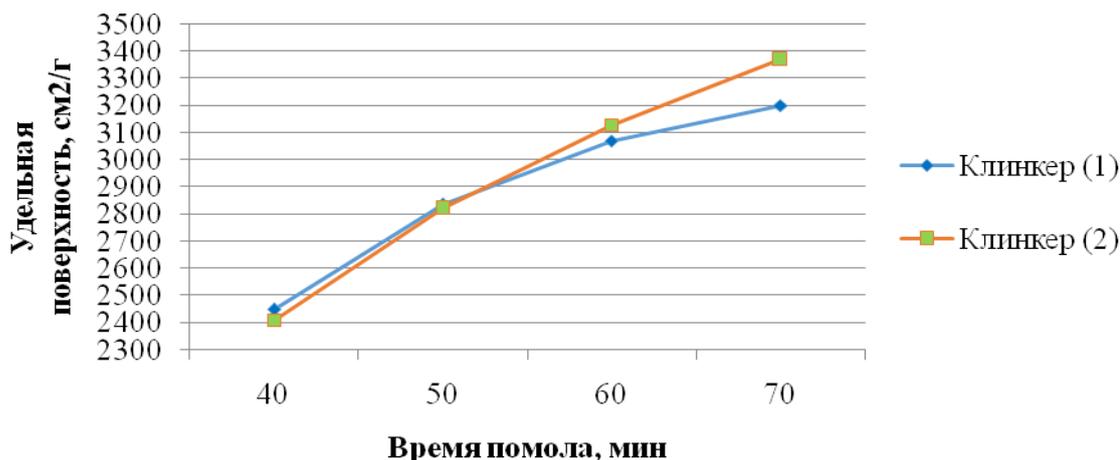


Рисунок 1. Кинетика измельчения портландцементного клинкера в лабораторной шаровой мельнице

На рисунке 2, можно увидеть влияние поверхностно-активных веществ на время помола. При использовании ТЭА в качестве поверхностно-активного вещества удельная поверхность увеличивается с 3200 см²/г до 3700 см²/г. Последнее приводит к повышению качества и марочности продукта.

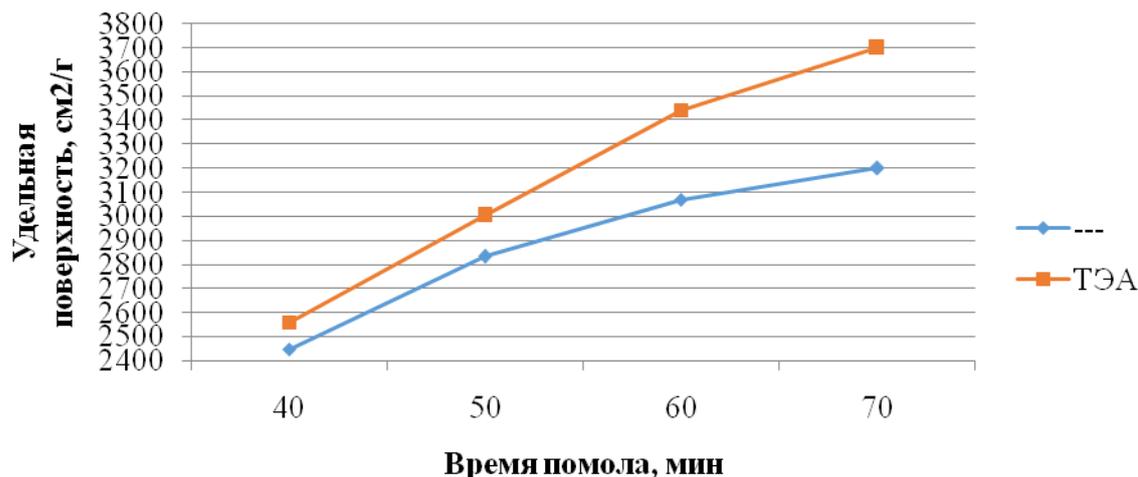


Рисунок 2. Влияние поверхностно-активных веществ на кинетику изменения удельной поверхности

Зная значения удельной поверхности рассчитали нарастание скорости удельной поверхности для каждого случая в промежутке времени 40, 50, 60 и 70 минут (таблица 3).

Таблица 3

Скорость нарастания удельной поверхности				Время помола, мин			
№	Вязущее	ПАВ	Средняя скорость нарастание скорости удельной поверхности	Время помола, мин			
				0-40	41-50	51-60	61-70
1	Клинкер	-	V_1 (см ² /г·сек)	1,019	0,645	0,393	0,216
2	Клинкер	ТЭА	V_2 (см ² /г·сек)	1,066	0,740	0,726	0,433

Исследование процесса помола непосредственно связано с определением характеристик помола. Ввиду того, что применяемые на сегодняшний день методы исследований требуют больших затрат времени и специального оборудования, нами разработан простой и удобный в применении ускоренный метод определения характеристик помола, основанный на образовании определенного объема осадка при постоянных значениях массы и степени измельчения, на который получен патент полезной модели АИС РУз (FAP 01890).

Согласно ускоренного метода, в мерный цилиндр объемом 15 мл со шкалой 0,2 мл заливается вода объемом в 10 мл. На технических весах взвешивают с точностью 0,01 г 5,0 г цемента. Отвешанный цемент через воронку всыпается в мерный цилиндр. Цилиндр закрывается резиновой или стеклянной пробкой и перемешивается взбалтыванием в течение 1 минуты. После этого, цилиндр оставляют в покое в течение 5 минут. За это время частицы цемента осаждаются. Измеряются объем осадка, заносят в специальную таблицу и на их основе составляют графики зависимости “объем осадка-удельная поверхность” (рисунок 3), “объем осадка-остаток на сите 008” (рисунок 4) и “объем осадка-средний диаметр частиц” (рисунок 5).

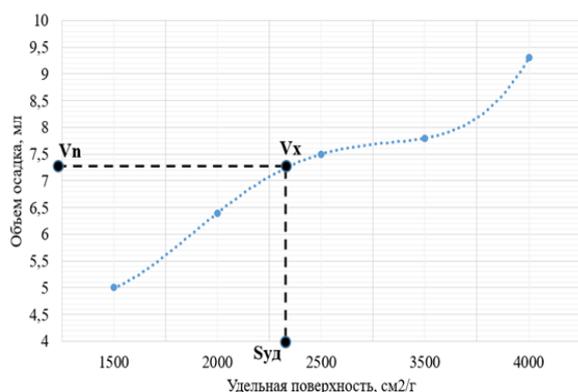


Рисунок 3. График зависимости “объем осадка -удельная поверхность”

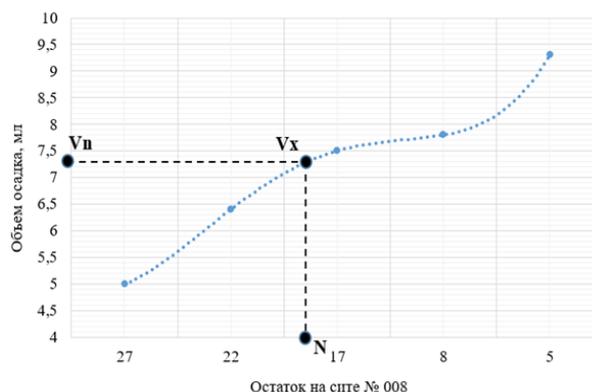


Рисунок 4. График зависимости “объем осадка – остаток на сите 008”

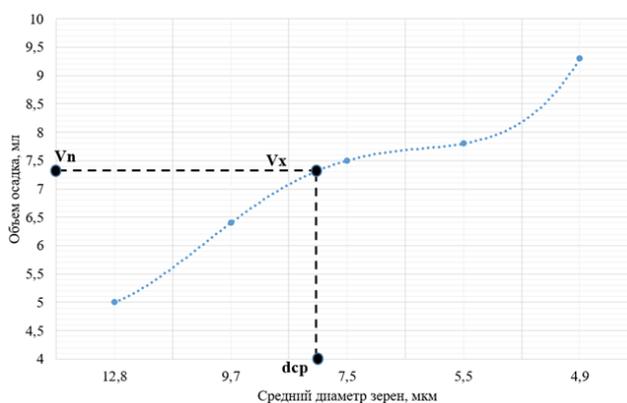


Рисунок 5. График зависимости “объем осадка – средний диаметр частиц”

Для определения характеристик помола представленной пробы цемента определяют объем осадка по вышеприведенной схеме и по соответствующим графикам определяют значения удельной поверхности, остатка сите 008 и средний диаметр частиц. Погрешность метода не превышает $\pm 10\%$.

При проектировании новых видов броневой футеровки для интенсификации процесса помола цемента в трубных мельницах следует обращать внимание на факторы, влияющие на протекание процесс помола.

Известно, что при вращении мельницы в зависимости от числа оборотов, шаровая загрузка движется в водопадном, каскадном или смешанном режиме. Независимо от режима движения, в шаровой загрузке образуются малоподвижная зона. Это хорошо наблюдается на рисунке 6, полученного с применением прикладной программы EDEM Analyst.

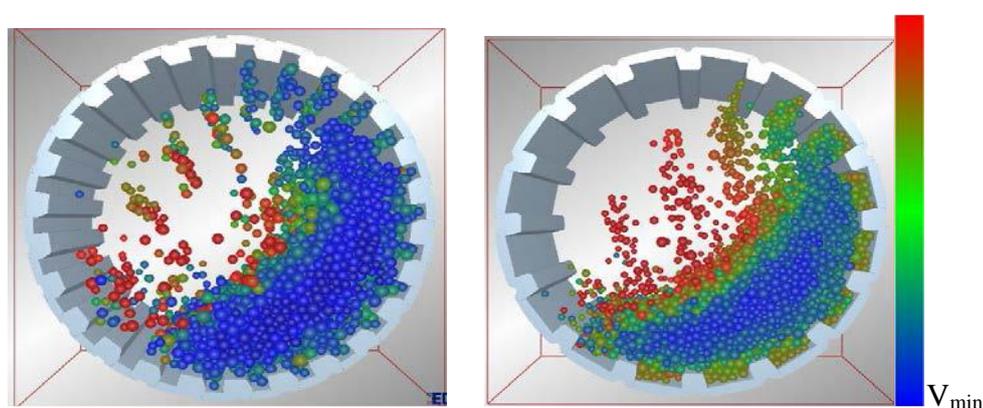


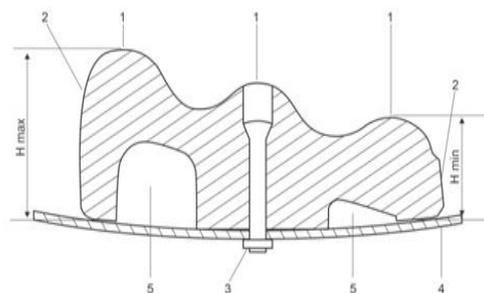
Рисунок 6. Изображение малоподвижной зоны шаровой загрузки

Проектирование броневых плит с эффективной поверхностью для повышения эффективности процесса измельчения в трубных мельницах связано разрушением именно таких малоподвижных зон шаровой загрузки. В результате разрушения малоподвижной зоны в процессе помола участвуют все слои загружаемого шара и материала, а также ускоряется выведение измельченного материала из зоны помола.

Нами предлагается использование бронеплит с эффективной поверхностью в виде трех головок для футеровки мельниц, работающих в водопадном режиме. Общий вид и чертеж плиты приведены соответственно на рисунках 7а и 7б.



а)



б)

Рисунок 7. Бронеплита с эффективной поверхностью в виде трех головок

Для футеровки мельниц, работающих в каскадном режиме, предложена плита с эффективной каблучковой поверхностью (патент полезной модели FAP 01653). Общий вид и чертеж плиты приведены соответственно на рисунках 8а и 8б.

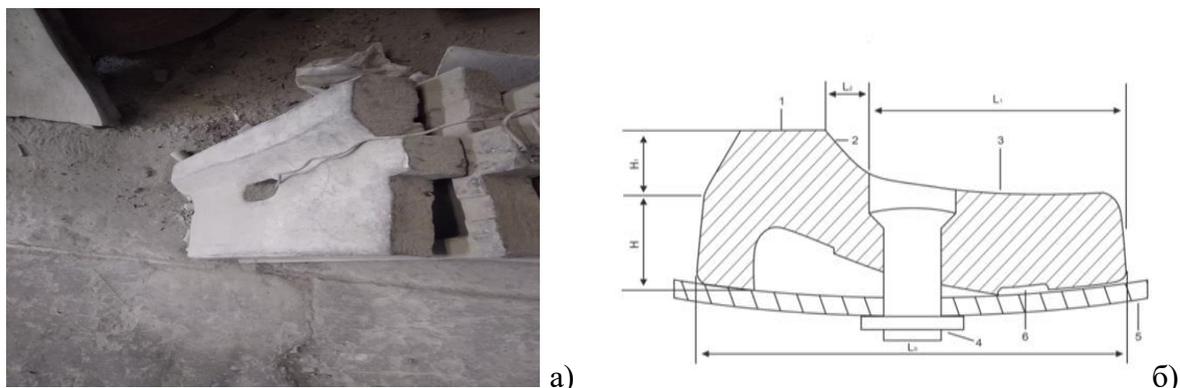


Рисунок 8. Бронеплита с эффективной каблучковой поверхностью

Геометрические размеры обеих предлагаемых бронеплит приняты с учетом размеров применяемых на практике в настоящее время бронеплит. Поэтому, предлагаемые плиты можно комбинировать в бронефутеровке мельниц бронеплитами со старыми конструкциями. Предлагаемые бронеплиты, при монтаже в соответствующих режиму камер, образуют “лифтеры” способствующие интенсификации процесса помола.

Гранулометрический состав цемента, условия созданные в помольных установках определяют эффективность промышленного производства. В свою очередь, внутримельничные воздушные потоки (аспирация мельницы), считаются одним из основных факторов, влияющих на процесс помола в технологической схеме производства цемента. Внутримельничный поток воздуха трубной мельницы предусматривает также вывод измельченного материала из зоны помола. При этом, такие вопросы как переизмельчение материала, налипание готового измельченного материала на корпус мельницы и мелющие тела в результате образования водяного пара при помоле и своевременный вывод водяного пара из зоны помола, повышение температуры мельницы приводящий к быстрому схватыванию цемента в результате дегидратации гипсового камня, находят своё решение.

В целом, внутримельничные воздушные потоки считаются одним из основных факторов формирования гранулометрического состава измельченного материала, определяет эффективность помола.

Результаты проведенными нами исследований с применением пакета прикладных программ Solid Works Flow Simulation математического 3D моделирования показали различие внутримельничных воздушных потоков двухкамерных мельниц от однокамерных, не отличаются ранее полученные сведения в этом направлении.

Различие в скоростях внутримельничных воздушных потоков двухкамерных мельниц объясняется наличием в них межкамерных перегородок. При этом, общий воздушный поток создаваемый воздуходувной

машиной внутри мельницы подразделяется на два самостоятельные потоки. Наряду с этим, потоки в первой и второй камерах мельницы принципиально отличаются друг от друга в зависимости от режима работы воздуходувной машины.

Такое различие явно прослеживается при скорости воздушного потока 20 м/с у разгрузочного конца мельницы (рисунок 9). Если линии воздушных потоков в первой камере сконцентрированы вдоль оси мельницы, то линии воздушных потоков во второй камере перераспределены по всему объему камеры. Межкамерная перегородка выступая в роли фактора, препятствующего воздушному потоку, в свою очередь приводит к увеличению скорости воздушного потока после прохождения щели межкамерной перегородки. В результате, воздушный поток с большей скоростью увлекает с собой мелкую фракцию из измельченного материала. Наряду с этим следует отметить, что скорость воздушных потоков в первой и второй камере одинаковы.

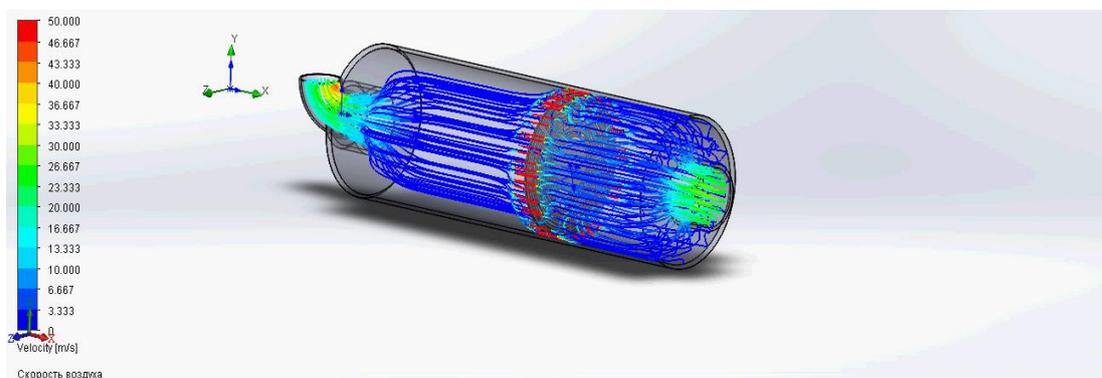


Рисунок 9. Внутримельничные воздушные потоки двухкамерной мельницы ($V=20$ м/с, гамма цветов – изменение скорости)

При достижении скорости воздушного потока у разгрузочного конца мельницы 45 м/с, скорость воздушного потока во второй камере мельницы и распределение по объему камеры меняется (рисунок 10).

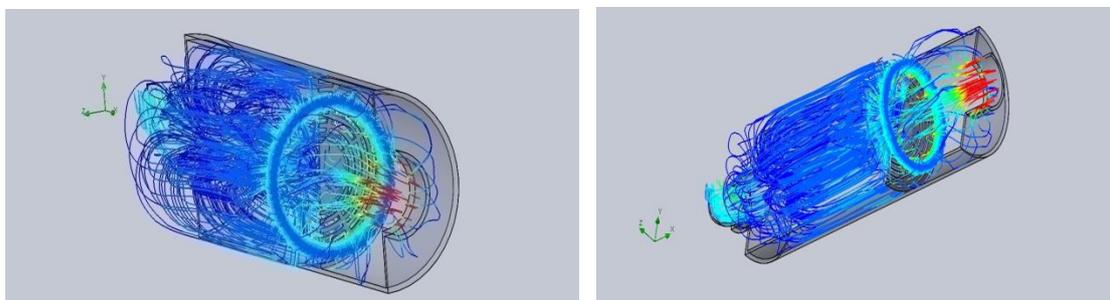


Рисунок 10. Внутримельничные воздушные потоки двухкамерной мельницы ($V=45$ м/с, гамма цветов – изменение скорости, соответственно рисунку 9)

На рисунке 10 можно увидеть образование во второй камере мельницы колец с низкой скоростью вблизи межкамерной перегородки. Образующиеся вблизи межкамерной перегородки кольца с низкой скоростью препятствуют

прохождению измельченного материала через перегородку. Создание таких режимов аэродинамики внутри трубной мельницы происходит за счет больших затрат электроэнергии на воздуходувной машине и приводит к быстрому изнашиванию рабочих частей высокоскоростной машины.

Образование в первой камере мельницы интенсивных турбулентных вихревых потоков в различных направлениях оказывает положительное влияние на протекание процесса измельчения. Во первых, снижение скорости потока приводит к снижению подъемной силы, что несомненно приводит к увлечению из смеси материала и шаровой загрузки частиц мелкой фракции, во вторых, образование интенсивных турбулентных вихревых потоков стимулирует дополнительному измельчению крупных частиц в результате воздействия на них центробежных сил и удара об броневую футеровку мельниц.

Образование колец с низкой скоростью вблизи межкамерной перегородки мельниц, по нашему мнению, может быть одним из причин припятствий повышения производительности трубных многокамерных мельниц. В производстве цементов известны предложения по применению импульсной технологии, подразумевающих использование наклонных межкамерных перегородок.

Импульсная технология производства цементов разработана В.В.Кафаровым, сущность предлагаемой технологии заключается в модификации кинетических и гидродинамических факторов существенно влияющих на изменения рабочих потоков технологического процесса. Систематизированы влияния импульсов на факторы изменения потоков, объединены на прямоугольные, чередующиеся и сложные комбинированные виды импульсов. Преимущества применения импульсной технологии, в частности при помоле твердых материалов, направлены на устранение или уменьшение влияния малоподвижных зонн, обратных потоков и перераспределению материала по длине мельниц.

В импульсной технологии измельчения в качестве показателя структур газо-материальных потоков в мельницах и её камерах выбраны аспирационный воздух, время прохождения смеси и её отдельных компонентов через мельницу. Также следует отметить, что для этих потоков важно значения числа Пекле. Увеличение числа Пекле показывает упорядоченность потоков и указывает о приближении к режиму идеального вытеснения.

Применение в трубных мельницах межкамерных наклонных перегородок вместо вертикальных, также способствует улучшению передвижения шаровой загрузки. Установленные наклонные перегородки обеспечивая смещение центра тяжести шаровой загрузки по горизонтальной и вертикальных плоскостях, также способствуют разрушению застойных зонн и зонн с низкой скоростью вблизи межкамерных перегородок. Разрушения застойных зонн происходит за счет пересыпке материала через наклонно установленных перегородок.

Этот процесс явно выглядит на рисунке 11, полученной применением пакета прикладных программ Solid Works Flow Simulation математического 3D моделирования. Во время вращения мельницы наклонная перегородка переходит в зону с более высокой скоростью воздушного потока. Наряду с пересыпанием шароматериальной смеси на наклонную перегородку и за счет увеличения подъемной силы потока при увеличении скорости воздуха, наблюдается вовлечение большего количества измельченного материала. В результате, увеличивается производительность мельницы, снижается удельная затрата электроэнергии.

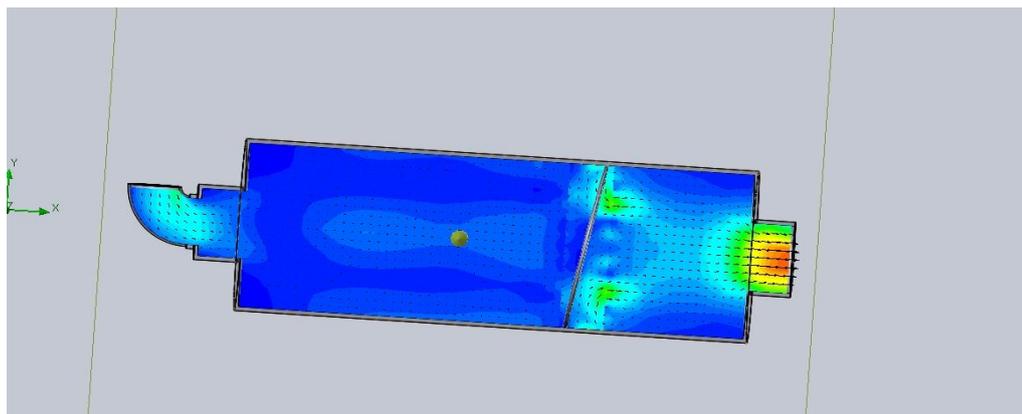


Рисунок 11. Воздушные потоки в двухкамерной мельнице с наклонной перегородкой ($V=45$ м/с, гамма цветов – изменение скорости, соответственно рисунку 9)

Результаты проведенных нами исследований внутримельничных потоков воздуха и анализ опубликованных научных работ позволяют создание возможности:

- снижение удельных затрат электроэнергии на 10%;
- увеличением на 45-50% объем щелей в перегородках, повысить эффективности внутримельничных воздушных потоков;
- снизить на 10 °С температуру цемента и воздушного потока;
- повысить в 1,4 раза производство цемента к единице объемной массы мелющих тел.

В четвертой главе диссертации под названием **«Внедрение результатов научно-исследовательской работы в промышленности»** приводятся сведения апробации схемы футеровки двухкамерной мельницы новым поколением броневых плит и ускоренной методики определения характеристик помола.

На схему бронифутеровки двухкамерной трубной мельницы, интенсифицирующий процесс помола, получен патент полезной модели Агенства ИС РУз (FAP 01654). В схеме бронифутеровки использованы вышеприведенные новые виды бронеплит с эффективной поверхностью (рисунок 12).

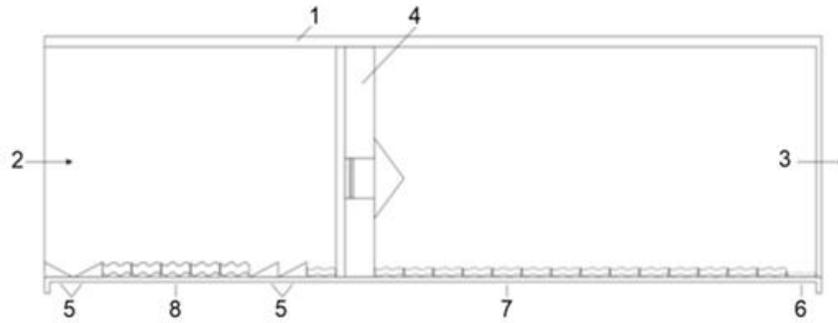


Рисунок 12. Схема бронифутеровки двухкамерной цементной мельницы

Цементная мельница содержит корпус 1 с загрузочным и разгрузочным концами соответственно 2 и 3, межкамерную перегородку 4, футеровку, выполненную из бронеплит различного профиля: конусно-волнистые 5, плоские рифленые 6, каблучковые 7 и с технологическими лифтерами в виде трех головок волнового профиля различной высоты 8.

В загрузочном конце первой камеры трубной мельницы установлены два ряда конусно-волнистых плит 5: если направление первого ряда обращено во внутреннюю сторону мельницы, то второй ряд обращен в сторону входа мельницы. В этом случае крупные шары концентрируются во входе мельницы, и ускоряется помол под воздействием удара.

3-7 ряды бронифутеровки состоит из плит в виде трех головок 8 с эффективной поверхностью. Высота лифтеров уменьшается в сторону вращения мельницы.

8 и 9 ряд бронифутеровки сформирован из конусно-волнистых плит 5, обращенных в сторону входа мельницы. Направление плит исключает накопление шара и материала большого размера вблизи между камерной перегородки.

10-25 ряды бронифутеровки состоят из предложенных нами каблучковых плит 7. 7 и 26 ряд бронифутеровки сформированы из бронеплит с плоской поверхностью 6.

Именно такая схема расположения бронеплит установлена в цементной мельнице №4 АО «ВЕКОВОДSEMENT» в апреле месяце 2020 года. Размеры цементной мельницы $\text{Ø}2,6 \times 13$ м, размер первой камеры $\text{Ø}2,46 \times 6,0$ м, размер второй камеры $\text{Ø}2,56 \times 6,75$ м. Частота вращения мельницы – 18,2 р/мин. (справка АО «ВЕКОВОДSEMENT» ИВ/723 от 18 мая 2022 года).

Согласно схеме футеровки, для установки футеровки 1-2-8-9 рядов использовано 104 шт. конусно-волнистых плит, для установки 3-4-5-6-7 рядов футеровки использована 156 шт. плит в виде трех головок, для установки 12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25 рядов футеровки использовано 364 шт. каблучковых плит нового образца и для 26 ряда использовано 26 шт. плоских плит. Все виды использованных бронеплит отлиты в литейном цехе АО «ВЕКОВОДSEMENT» согласно чертежам (приложение 1).

Состояние бронифутеровки после работы мельницы в течение 6 месяцев (4392 часа) удовлетворительное (рисунок 13).

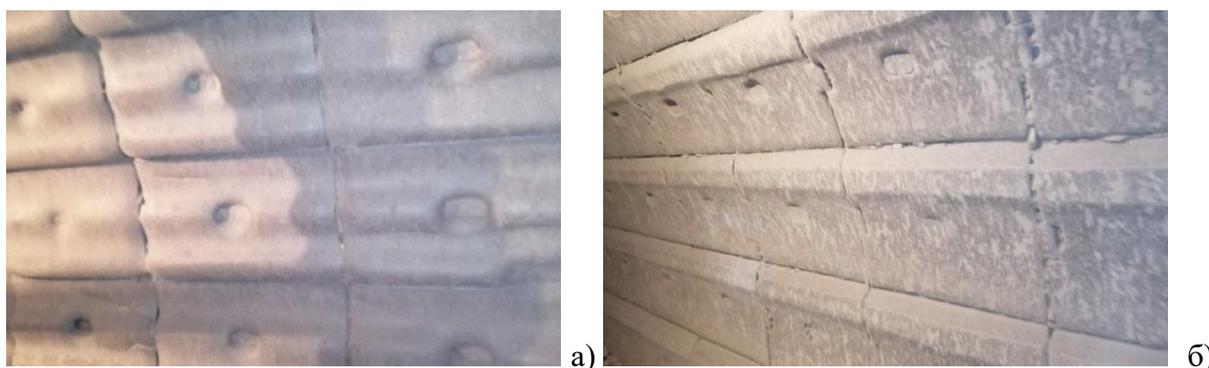


Рисунок 13. Состояние бронифутеровки первой (а) и второй (б) камеры после 6 месяцев работы мельницы

Износ бронеплит обеих камер мельницы равномерное. На бронеплитах отсутствуют сколы и образование трещин не наблюдается.

После установки в мельнице новой броневутеровки отмечается увеличение часовой производительности мельницы на 2-3 тонны.

С целью интенсификации процесса помола цемента в трубной мельнице, увеличения производительности мельницы и снижения удельных затрат энергии, при реконструкции в декабре 2022 года сепараторной мельницы размером $\text{Ø}3,2 \times 13$ м, установленной на ООО “NAMANGANSEMENT”, выполнены следующие мероприятия: усранена межукамерная перегородка 3^х камерной мельницы между камерами 1 и 2, межукамерная перегородка между 2 и 3 камерами передвинута на 6,75 м, т.е. образована 2^х камерная мельница. При этом, 1 камера имеет длину 6,75 м, а вторая имеет длину 5,75 м. Первая камеры мельницы футерована конусно-волнистыми плитами, а вторая отфутерованы предлагаемыми плитами с эффективной поверхностью (справка ООО “NAMANGANSEMENT” № 70 от 3 мая 2023 года).

В результате проведенных работ, производительность цементной мельницы увеличился с 45 тонн/час до 55 тонн/час, прочность при сжатии цементной продукции к 28 суткам твердения возрос в среднем на 2,2-4,0 МПа и общие затраты электроэнергии на производство 1 тонны цемента с 106 кВт снизился на 98 кВт (справка ООО “NAMANGANSEMENT” № 5 от 8 января 2024 года).

Методика определения тонкости помола цемента и других материалов внедрена в учебный процесс на Ургенчском Государственном университете (выписка из протокола №5 Учебно-методического Совета Ургенчского Государственного университета от 24 июня 2023 года). В результате, появилась возможность ускоренного определения характеристик тонкости помола цементов в производственных и лабораторных условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ

В результате исследований по диссертации доктора философии (PhD) технических наук, озаглавленный “Интенсификация процесса помола цемента в трубных мельницах”, были получены следующие результаты и сделаны выводы:

1. В результате применения поверхностно-активных веществ для интенсификации процесса помола, триэтаноламина в количестве 0,03%, достигнута снижение удельного расхода электрической энергии затрачиваемой при помол цемента на 28,5% и повышение удельной производительности мельницы на 39,09%.

2. Разработан менее трудоемкий, ускоренный метод определения характеристик цемента, погрешность метода не превышает 10%. Были даны рекомендации по использованию этого метода при ускоренном определении свойств цемента на производственных предприятиях и проведении лабораторных занятий в системе Высших учебных заведений.

3. Для трубных мельниц, работающих в водопадном режиме, была предложена трехволновая броневая плита с эффективной поверхностью. В результате, за счет увеличения силы удара в 1,2 раза, процесс измельчения в шаровых мельницах, работающих в водопадном режиме, ускоряется.

4. Для трубных мельниц, работающих в ступенчатом режиме, был разработан новый тип броневых плит с эффективной поверхностью в виде каблука. В результате из измельченного материала интенсивно удалялись мелкие частицы ($\geq 0,05$ мм), а производительность мельницы увеличилась на 25%.

5. Доказано возможность увеличения эффективности процесса измельчения в трубных мельницах в 1,1-1,2 раза применением футеровки, состоящей из броневых плит с эффективной поверхностью.

6. Применением пакета прикладных программ Solid Works Flow Simulation математического метода 3D моделирования установлено образование вблизи межкамерной перегородки зонн с низкой скоростью потока, препятствующих повышению производительности двухкамерных мельниц и обоснована повышение эффективности мельниц на 25-30% с использованием наклонных междукамерных перегородок.

7. Предложенная схема футеровки мельниц, проведенные работы на АО “BEKOBODSEMENT” и ООО “NAMANGANSEMENT” обсуждена на Техническом совете ООО “NAMANGANSEMENT” и оценены как “инновационные проекты”. Ожидаемый экономический эффект от повышения производительности трубной мельницы на 10 тонн/час при мощности предприятия 750 тысяч тонн в год составляет 2 млрд.730 млн.сум.

**SINGLE SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.04.01 AT
TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE
ON GRADUATION OF DOCTOR OF SCINCE**

**ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN
INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

SULTONOVA MASUDA ABDUVALIYEVNA

**INTENSIFICATION OF THE CEMENT GRINDING PROCESS IN
PIPE MILLS**

02.00.16 - Processes and apparatus of chemical technologies and food productions (technical sciences)

**DISSERTATION ABSTRACT
of the doctoral of philosophy (PhD) in technical sciences**

Tashkent-2024

The theme of the dissertation for the degree of doctor of philosophy (PhD) is registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan B2024.1.PhD/T4397.

The dissertation was conducted at the Institute of General and Inorganic Chemistry of Academy of sciences of the Republic of Uzbekistan.

The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is pages are at (www.tkti.uz) and on the Information and Educational portal "ZiyoNET" (www.ziyo.net)

Scientific advisor: **Khurmamatov Abdugoffor Mirzabdullayevich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: **Safarov Jasur Esergapovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Nigmatjanov, Samugjan Karimjanovich
Candidat of Technical Sciences, Associate Professor

Leading organization: **Gulistan State University**

The defense of the dissertation will take place on «6» 01 2025 at 9.00 at the Scientific Council numbered DSc. 03/30.12.2019.T.04.01 meeting at Tashkent Chemical-Technological Institute as the following address: 100011, Tashkent city, A.Navoiy Street, 32. Phone: (99871) 244-79-20, Fax: (99871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz.

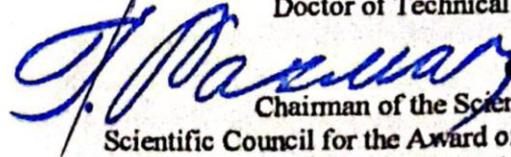
The dissertation is registered in Information-Resource Center at Tashkent Chemical-Technological Institute (registration number № 884). The text of the dissertation is available at the Information Research Center at the following address: 100084, Tashkent, A.Navoiy Street, 32. Phone: (99871) 244-79-20, Fax: (99871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz.

The abstract of the dissertation was published in the journal "Uzbeck Journal of Chemistry" (mailing report № 484 on «10» 12 2024 y.




S. M. Turobjonov
Chairman of the Scientific Council for the
Award of the Sciences Degrees,
Doctor of Technical Sciences, academician


X.I. Kadirov
Scientific Secretary of the Scientific Council
for the Award of Scientific Degrees
Doctor of Technical Sciences, Professor


G. Rahmonberdiyev
Chairman of the Scientific Seminar at the
Scientific Council for the Award of Scientific Degrees
Doctor of chemical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to improve the performance of tube mills using new types of armour plates and optimisation of aspiration air.

The object of the research work is selected mode indicators of the cement grinding process and methods of determining the specific surface of the ground cement.

The subject of the research work is tube mills and their armour lining.

The scientific novelty of the dissertation research is as follows:

the possibility of increasing the grindability of ball loading through the use of armour plates with a three-wave profile has been substantiated;

the principles of development of armour plates with perspective surface intended for work in conditions of cascade mode of ball loading are proved;

optimum parameters of intensification of grinding of solid materials by destruction of stagnant zones of ball-material mixture by application of armour plates with perspective surface are established;

for the first time application of 3D mathematical modelling programs established the formation of rings with low flow velocity close to the inter-chamber partition of the tube mill;

an accelerated method of grinding fineness characterisation based on sludge volume determination has been developed.

Implementation of the research results. The research results were tested in production conditions and the following results were obtained:

to intensify the grinding process of the pipe mill, the armored lining scheme of the cement mill was implemented at JSC "BEKOBODCEMENT" (Reference No. IV/723 dated May 18, 2022 JSC "BEKOBODCEMENT"; "Lining of the cement mill" FAP 01654 UZ, 30.06.2021). As a result, the condition of the armored lining of the pipe mill with a size of Ø2x13 m, installed at JSC "BEKOBODCEMENT", after 183 days of operation (4392 hours) is satisfactory and during this time cement was obtained that meets the requirements of the current standard;

a utility model patent of the Intellectual Property Agency under the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan (FAP No.01653) was obtained for the armoured plate for the drum of the pipe mill. As a result, the productivity of the cement plant increased from 45 to 55 tonnes per hour, which increased the strength of the cement product by 28 days of compression by an average of 2.2-4.0 MPa.

The structure and scope of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The total volume of the dissertation is 120 pages.

E‘LON QILINGAN ISHLAR RO‘YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo‘lim (I часть; I part)

1. Мухамедбаева М.А., Шакаров Т.И., Мухамедбаев А.А., Атаджанов Ш.Ю. Повышение эффективности работы шаровых мельниц. Научно-технический и производственный журнал «Горный вестник Узбекистана». Навои, 2020. - № 3 (82). –С. 79-81. (04.00.00, № 3).
2. Мухамедбаев А.А., Мухамедбаева М.А., Хурмаматов А.М. Бронефутеровка шаровых мельниц для измельчения минеральных вяжущих веществ. Научно - практический журнал «Архитектура. Строительство. Дизайн». Ташкент, 2020. - № 3-4. –С. 162-167. (05.00.00, № 4).
3. Хурмаматов А.М., Мухамедбаева М.А., Яичников Я.М. Моделирование потока аспирационного воздуха в цементных шаровых мельницах. Научно-технический журнал «Развитие науки и технологий». Бухара, 2022. -№ 3. –С. 33-37. (02.00.00, № 14).
4. Khurmamatov A., Sultonova M., Mukhamedbaev A. Intensifying the cement grinding process // Universum: технические науки. – 2024. –№ 5 (122). – С.57-62 <https://universum.com/ru/tech/archive/item/17494> (02.00.00, № 1).
5. Патент полезной модели FAP 01653UZ. Броневая плита для футеровки барабана трубной мельницы / Мухамедбаев А.А., Атаджанов Ш.Ю., Яковлев М.В., Мухамедбаева М.А., Каримов К.Ф., Хурмаматов А.М. // Заяв.: 26.08.2020; опуб.: 25.06.2021. – 5 с.
6. Патент полезной модели FAP 01654UZ. Футеровка цементной мельницы / Мухамедбаева М.А., Атаджанов Ш.Ю., Яковлев М.В., Мухамедбаев А.А., Каримов К.Ф.// Заяв.: 26.08.2020; опуб.: 30.06.2021. – 6 с.
7. Патент полезной модели FAP 01890UZ. Способ определения характеристик тонкости помола / Мухамедбаев А.А., Мухамедбаев Аг.А., Мухамедбаева М.А. // Заяв.: 31.08.2021; опуб.: 25.03.2022. – 6 с.

II bo‘lim (II часть; II part)

1. Tulaganov A.A., Atadjanov SH.Y., Mukhamedbaeva M. Cements with reduced composition of Portland-cement clinker / European Science Review. 2019, 1-2, - pp. 112-114.
2. Mukhamedbaeva M., Khurmamatov A., Mukhamedbaev A. Intensifying the cement grinding process /1st International Scientific Conference" Modern Materials Science:Topical Issues,Achievements andInnovations" (ISCMMSTIAI-2022). Tashkent, 2022. –pp. 226-232.

3. Мухамедбаева М.А., Бердиев Ш. Бронефутеровка для шаровых мельниц/ Тр. Межд. симпозиума имени акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых "Проблемы геологии и освоения недр". Томск, 2020. Том II. – С.490-491.
4. Мухамедбаева М.А. Эффективная схема бронефутеровки для шаровых мельниц/ Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых «Инновационные материалы и технологии – 2022». – Минск, 2022. – С. 123-126.
5. Мухамедбаева М.А., Хурмаматов А.М., Мухамедбаев Аг.А. Цементнинг майдалик даражасини аниқлашнинг тезкор усули / "Oziq-ovqat va kimyo sanoatida innovatsion texnologiyalarni joriy qilish" mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjuman materiallari to'plami. – Namangan, 2023. – 2-jild. – 160-163b.
6. Хурмаматов А.М., Мухамедбаева М.А. Кувурли тегирмонларни ҳисоблаш/ "Oziq-ovqat va kimyo sanoatida innovatsion texnologiyalarni joriy qilish" mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjuman materiallari to'plami. – Namangan, 2023. – 2-jild. – 163-165b.
7. Султонова М.А., Хурмаматов А.М. Интенсификация измельчения строительных материалов в шаровых мельницах / "Energiya va resurs tejankor zamonaviy qurilish materiallarini ishlab chiqarish istiqbollari" Xalqaro miqyosdagi ilmiy-amaliy anjumani materiallari to'plami. – Toshkent, 2023. – 25-28 b.
8. Mas'uda Mukhamedbaeva, Abdugoffor Khurmamatom, Abduvali Mukhamedbaev. Intensifying the cement grinding process. E3S Web of Conferences 402, 14035 (2023) TransSiberia 2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340214035>
9. Хурмаматов А.М., Мухамедбаева М.А. Оптимизация работы шаровых мельниц/ Сборник научных трудов III Международной конференции «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрно-пищевом секторе». – Ташкент, ТашГТУ, 2023. – Ч.2. – С.48-49.
10. Мухамедбаева М.А., Хурмаматов А.М. Броне плиты для футеровки шаровых мельниц/ Сб. тр. медунар. научно-техн. конф. «Актуальные проблемы инновационных технологий в развитии химической, нефтегазовой и пищевой промышленности». Ташкент, 2021. – С.208-209.
11. Мухамедбаева М.А., Хурмаматов А.М. Исследование конструкции бронефутеровки и помола портландцемента в шаровых мельницах / Сб. матер. II Респ. Науч.- техн. конф. с зарубежным участием «Инновационные разработки и развития химической технологии силикатных материалов». Ташкент, 2022. – С. 351-354.
12. Мухамедбаева М.А., Адинаев Х.А. Помол неорганических вяжущих в трубной шаровой мельнице / Академик А.Ф. Фаниевнинг 85 йиллигига

- бағишланган «Аналитик кимёфанининг долзарб муаммолари» V Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. Термиз.: —Surxon-Nashr, 2017. 77-78 б.
13. Мухамедбаева М.А. Расчет шаровых мельниц с центральной разгрузкой / Труды XXVI – научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата «Умидли кимёгарлар-2017». Ташкент, ТХТИ, 2017. – С. 85-86.
 14. Мухамедбаева М.А., Абдразаков О.Х., Яичников Я.М., Мухамедбаев А.А. Определение размалываемости твердых материалов по дробимости / Труды XXVII – научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата «Умидли кимёгарлар-2018». Ташкент, ТХТИ, 2018. – С. 241-242.
 15. Темиров Ғ.Б., Бердиев Ш., Мухамедбаева М.А., Мухамедбаев А.А. Клинкер, гипс ва минерал қўшимчаларнинг майдалаш кинетикаси/ Труды XXIX – научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата «Умидли кимёгарлар-2020». Ташкент, ТХТИ, 2020. – С. 41-42.
 16. Мухамедбаева М.А. Описание потока аспирационного воздуха в шаровых мельницах / Труды XXXI - научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата «Умидли кимёгарлар-2022». Ташкент, ТХТИ, 2022. – С. 83-84.

Avtoreferat "Kimyo va kimyoviy texnologiya" ilmiy-amaliy jurnali taxririya
o'tkazildi va matnlar mosliga tekshirildi
(10.12.2024 y.)

Bichimi 84x601/16. «Times New Roman» garniturasini. Raqamli
bosma usuli. Times garniturasini.
Shartli bosma tabog'i: 3. Adadi 100. Buyurtma №_17
Guvohnoma №_100624_
"OUTDOOR MEDIA" Xususiy korxonasi
Chilonzor tumani, Chilonzor ko'chasi 81 uy

