

D098 – Жылу энергетикасы оқу бағдарламасы бойынша  
философия докторы (PhD) дәрежесіне ұсынылған диссертация

Әкімбек Гүлмира Әбілқайрқызының

Сусымалы қатты заттардың салыстырмалы абразивтілігін анықтау және  
әдістерін дайындау

## АҢДАТПАСЫ

Әр түрлі формадағы энергияны тұтыну өнеркәсіптік және аграрлық өндірістің негізін құрайды. Болжамдар мен статистикалық деректер бойынша әлемде электр энергиясын тұтынудың орташа жылдық өсімі 2030 жылға дейін 2,4% - ға өседі делінген [1].

Алайда бастапқы энергия түрлерін жаңғыртылған және отындық деп бөлу әдетке айналған. Әлемдік тұтытуда жаңғыртылған энергияны пайдалану 5 пайыздан аспайды. Отын энергетикасында ағаш пен аграрлық өндіріс қалдықтарын пайдалану үлесі үнемі төмендеп келеді және қазіргі уақытта әлемдік отын тұтытуда 1 пайызды құрайды [2].

Отын энергетикасы өз кезегінде пайдалану бойынша көмір, табиғи газ, мұнай болып бөлінеді, жылу олардан жану процесі арқылы алынады. Атом энергиясын пайдалануды да отын энергетикасына қосуға болады, себебі, бұл жылу көзі энергиясының басқалардан айырмашылығы, жылу жану процесі арқылы емес бөліну формасы арқылы алынады. Атом энергиясын жылу және электр энергиясына айналдыру үшін көмір мен табиғи газдан кейін үшінші орынға шығаруға болады [3].

Әлемдік көмір қоры жеткілікті және тұтыну көлемі (өндіру) бойынша тек мұнайдан кейінгі орныды алады. Экономикалық тұрғыдан бағалау бойынша өндірілетін көмір қоры шамамен 1 триллион тоннаға жақындаған, бұл қазіргі өндіріс қарқынымен шамамен 200 жыл бойы қол жетімділікті құрайды. Айта кету керек, көмір, мұнай және табиғи газ (соңғы жылдары биомассаны қоса) әр түрлі түрде өндеуде технологиялық шикізат ретінде қолданылады [4].

Көмірді энергетикалық отын және ішінара технологиялық шикізат ретінде пайдалану кем дегенде алдағы онжылдықтарда жалғасады. Қазіргі уақытта әлемдегі электр энергиясының шамамен 35% - ы көмір жағатын жылу электр станцияларында өндіріледі [5]. Көмірдің бастапқы энергия көзі ретіндегі қажеттілігі бірнеше жағдайларға байланысты:

- бірінші кезекте жылу энергиясының бірлігінің салыстырмалы шағын құны,
- екінші фактор ретінде оны ЖЭС-те жағуды игеруді айтуға болады.
- көмірдің қосымша артықшылығы оны айтарлықтай көлемде сақтаудың салыстырмалы қарапайымдылығы деп санауға болады,

-тұтыну көлемін бірден ұлғайту мүмкіндігі, мысалы, табиғи газды жағу кезінде бірнеше сағатты құрайды (кейбір елдерде ол 10 сағатқа жетуі мүмкін).

Дегенмен, көмірді жағу бірнеше жағымсыз факторлармен бірге жүреді. Отын ретінде көмірдің ең үлкен жетіспеушілігі:

- қоршаған ортаға әсер ету түрінде (оған күл-қож қалдықтарын сақтауды да қосуға болады). Пешті қопсыту процесі көбінесе от жағу процесін ұйымдастырумен анықталады, әдетте ол, режим параметрлері ұсынылған мәндерден ауытқыған кезде пайда болады.

- оны өртеуге дайындау қажеттілігі,

- көмірмен жанасатын қазандық жабдықтарының тозуы (жанарғыға түскенге дейін) және жанғаннан кейін күлдің пайда болуы,

- отында күкірттің болуы, күкірттің жану өнімдері ( $SO_2$  және  $SO_3$ ) ылғалдың қатысуымен күкірт және күкірт қышқылдарын түзуі мүмкін (бу генераторларының металдарының коррозиясы, ішкі жану қозғалтқыштары, және т.б.) [6]. Алайда, Қазақстандық ЖЭС-да көптеген елдердің көмір жағу арқылы энергия алатын ЖЭС-на қарағанда күкірт тотығының шығарындылары айтарлықтай аз, салыстырмалы түрде 1 пайыздан аз болуына байланысты (кесте 1.1).

Таблица 1.1 – Әртүрлі отындардың құрамындағы күкірттің мөлшері [4]-[7]

Отынның атауы	S, %	Отынның атауы	S, %
Қазақстандық		АҚШ	
Шұбаркөл	0,5	Спрингфилд	4
Сарыадыр	0,3	Данвиль	3
Майкүбен	0,4	Российские	
Екібастұз	0,8	Апсатский уголь	0,3
Каражыра	0,4	Кузнецкий уголь	0,3
Испандық		ОАР	
Силивиль	0,5	Витбанк	0,2

Атмосфераға ұшпа күл шығарындыларын азайту және қалдықтарды сақтау технологиялық және техникалық тұрғыдан жеткілікті түрде қарастырылған. Ұшпа күлмен тозу процесі де жеткілікті түрде зерттелген және оны төмендетудің құрылғылары мен механизмдері де жасалған.

Көмір энергетикалық отын ретінде Қазақстан үшін ерекше маңызға ие, атап айтқанда, барлық белгіленген энергетикалық қуаттың шамамен 70 пайызы отын ретінде көмірді пайдаланады. Қазақстандық кен орындарының көпшілігінде көмір салыстырмалы түрде арзан және ашық әдіспен өндіріледі [7].

Көмірді пайдаланудың қарсы көрсеткіштерінің бірі, әдетте, қазандықтың конвективті білігінде орналасқан ұшпа күлдің абразивті тозуы болып саналады. Абразивті тозу заңдылықтары туралы белгілі зерттеулер негізінен күлдің әсерін зерттеумен байланысты.

Ұшпа күлдің абразивті тозуы бойынша жүргізілген зерттеулерді талқылау кезінде келесілерді ажырату керек:

- тозу процесінің механизмін зерттеу [8],

- бұл процеске көптеген параметрлердің әсері [9],

- Стансада қондырғылардың абразивті тозуын зерттеу, әдетте, құбыр тәрізді әр түрлі беттердің тозу қарқындылығын анықтайтын қондырғыларда жүргізіледі. Құбырлар қатарлары арасындағы көлденең және бойлық қадамдары әртүрлі конвективті білікте құбырлардың әртүрлі орналасуымен, [10] сонымен қатар, құбырлардың периметрі бойынша тозудың таралуымен анықталды,

- қазандық қондырғы беттерінің абразивті тозуын төмендету бойынша құрылғылар мен техникалық шешімдерді әзірлеу

**Зерттеу пәнінің өзектілігі.** Қазақстандық кен орындарының көпшілігінде көмір салыстырмалы түрде арзан және ашық тәсілмен өндіріледі. Көмір энергетикалық отын ретінде Қазақстан үшін ерекше маңызға ие, атап айтқанда барлық белгіленген энергетикалық қуаттың шамамен 70 пайызы отын ретінде көмірді пайдаланады.

Көмірді пайдаланудың кері көрсеткіштерінің бірі болып қазандықтың конвективті бөлігінде және басқа қосалқы қондырғылардың, ереже бойынша, көмір ағыны жанасатын беттердің (көмір түсіргіштер тасымалдаушы таспамен бірге, дайын емес көмір бункерлері, көмір бергіштер және басқалар) ұшпа күлмен абразивті тозуы болып табылады.

Абразивті тозу заңдылықтары туралы белгілі зерттеулер негізінен күлдің әсерінен тозуын зерттеумен байланысты. Ең толық зерттеулерді академик Ш.Ч. Чокин атындағы Қазақ энергетика ҒЗИ т. ғ. д., профессор М. И. Вдовенко және т. ғ. к. А.Я. Баяхунов жүргізді, олардың зерттеулер нәтижесі ұшпа күлдің абразивтілігін анықтаудың экспресс - әдісіне жалпыодақтық стандартты бекітумен аяқталды. Алайда, осы және басқа зерттеулерде абразивті бөлшектердің концентрациясы жеткіліксіз деңгейде бақыланып және есептеулер арқылы анықталды. Сонымен қатар, тәжірибелер күл бөлшектерінің мөлшерін өзгертудің өте тар диапазонында жүргізілді. Абразивті күлдің қозғалыс жылдамдығы тасымалдаушы ағынның жылдамдығымен анықталды. Тасымалдаушы ағын белгілі бір дәрежеде үлгінің ең ұсақ бөлшектермен айналуына мүмкіндік беретін жағдайлар жасады. Тозу үлгісі ретінде негізінен әртүрлі бұрыштарда орнатылған жалпақ табақша пайдаланылды, ал қазандықтың конвективті білігінде орналасқан беттердің көпшілігі цилиндрлік пішіндерге ие. Барлық тәжірибелер бөлме температурасында және зерттеу кезінде жинақталған ылғалдылықта күлмен жүргізілді; қатты бетпен әрекеттесу кезінде бөлшектердің мөлшерін өзгерту мүмкіндігі іс жүзінде қарастырылмады. Зерттеудің негізгі бөлігі ұшпа күлмен жүргізілгенін және көмір бөлшектерінің абразивті тозуы бойынша зерттеулер аз немесе мүлдем жоқ екенін ерекше атап өтуге болады.

Атап айтқанда, көмірді ұсақтау және ұнтақтау процестері сөзсіз тегістеу ортада абразивті тозуымен бірге жүреді. Екінші жағынан, көмір бөлшектері, күлден айырмашылығы, әр түрлі температурада және әр түрлі ылғалдылықта абразивті қасиеттерін өзгерте алатындығы белгілі. Көмірдің жоғары ылғалдылығымен ұнтақтау элементтерінің «жағылуы» пайда болады. Сонымен

қатар, көмір бөлшектерін қыздыру кезінде сөзсіз ұшпа заттар шығарылады, олар абразивті тозудың қарқындылығына әсер етуі мүмкін. Алайда, мұндай зерттеулер іс жүзінде зертеліп, жасалмаған.

Осыған байланысты өлшемдері нақты ұсақталған көмірге жақын көмір бөлшектерімен беттердің абразивті тозуын зерттеу бойынша зерттеулер жүргізу туралы шешім қабылданды.

**Зерттеуді жүргізудің мақсаты** әр түрлі температурада, әр түрлі ылғалдылықта, мөлшері өзгерген кезде, ұшпа заттардың бөлінуінің әр түрлі көлемінде, шабуыл бұрышы мен үлгінің пішінінде көмір бөлшектерінің абразивті тозу қарқындылығын анықтау. Сондай-ақ абразивті тозудың қарқындылығын зерттеу қажет, бұл ретте Қазақстанның үш негізгі кен орнының көмірімен тәжірибе жүргізіледі.

**Мұндай зерттеуді жүргізу алға қойған міндеттердің бүкіл тобын шешуді талап етеді:** атап айтқанда, эксперименттік қондырғыны құруды бастамас бұрын да тозу объектісін анықтау қажет болды. Бірінші және айқын нұсқа - ұшпа күлдің тозуын зерттеуді талдау бойынша ауа ағынында қозғалатын бөлшектердің тозу нұсқасын жаңғырту. Дегенмен, барлық дерлік зерттеулерде ауа немесе түтін газдары ағынында қозғалатын күлдің тозуын зерттеу нәтижелерінің егжей-тегжейлі талдауы мұндай зерттеулерді бөлшектердің мөлшерінің өте тар диапазонында жүзеге асыруға болатындығын көрсетті және, әдетте, үлгінің айналасында ұсақ бөлшектердің бұрмаланатын ағыны қабаттасады. Екінші жағынан, бұл нұсқа тозуды негізінен конвективті білікке берді, онда тек күлді тозу орын алды. Сонымен қатар, тәжірибелерді осындай ұйымдастырумен күл бөлшектері бар ағын тек «бір» рет қолданылады және қондырғыдан шығарылды. Пайдаланылған күл бөлшектерін қайта тәжірибеге қайтару кезінде олардың мөлшерін бұрмалайтын екі фактор болады:

- біріншіден, өлшемдері белгілі бір мөлшерден аз бөлшектер бөлу қондырғыларында ұсталмайды,
- екіншіден, белгілі бір жылдамдықта үлгі бетімен соқтығысқанда (сыни деп атауға болады) күл бөлшектерінің сөзсіз ішінара ұнтақталуы орын алады,
- үшіншіден, тасымалдаушы ағыннан бөлінген күлмен жанасатын Ұшпа беттердің тозуын зерттеу алынып тасталды (скруббер, ұсталған күлді кетіргіштер және басқалар).

Көмір бөлшектерінің тозуы «таза» көмір бөлшектерінің қозғалысы кезінде де орын алады (ұсатқыш, конвейер таспасынан көмір жылжыту, диірмендердің тегістеу бөліктері, сепаратор элементтері және басқалар). Осыған байланысты арнайы қондырғыдағы көмір бөлшектерінің «тек» тозуын зерттеу нұсқасы таңдалды. Бұл өз кезегінде:

- зерттелетін процестің сенімді қайталануымен процестің негізгі параметрлері өзгерген кезде көмір бөлшектерінің **абразивті тозуын зерттеуге арналған қондырғы** жасау,

- басқа параметрлердің өзгермеуі кезінде нақты параметрдің әсерін анықтауға мүмкіндік беретін **әдістемені әзірлеу**, атап айтқанда-көмірдің тозу көлемінде көмір бөлшектерінің мөлшерін өзгеріссіз сақтау (абразивті тозу

қарқындылығына айтарлықтай әсер ететін факторлардың бірі). Бұл өз кезегінде мамандандырылған зерттеулер жүргізуді талап етті, соның ішінде:

- көмір бөлшектерінің мөлшерінің өзгеруі рұқсат етілген шектерде (бастапқы мөлшерінің 5% аспайтын) сақталатын көмірдің және үлгінің тозу көлемдерінің қозғалыс жылдамдығы мен жанасу уақытын анықтау,

- үлгінің қажетті айналуын қамтамасыз ететін қозғалтқыштың іске қосу тоқтары қолайлы болатын қондырғы көлемін тозу материалымен толтырудың рұқсат етілген дәрежесін анықтау;

Аталған шарттарды сақтай отырып жасалған қондырғыда абразивті тозу қарқындылығына негізгі параметрлердің әсерін зерттеу жүргізу, соның ішінде:

- көмір бөлшектерінің мөлшері,
- қыздыру кезінде көмір бөлшектерінің деңгейі,
- ұшпа заттардың шығу дәрежелері,
- көмір көлемінің ылғалдылығы,
- үлгінің көмір көлемімен өзара әрекеттесуінің әртүрлі

бұрыштарында.

**Диссертациялық зерттеу нәтижелерінің жаңалығы:**

- Тозатын көмір бөлшектерінің мөлшерін рұқсат етілген шектерде сақтай отырып, **абразивті тозудың қарқындылығын зерттеу әдістемесі** әзірленді;

- Абразивті тозудың қарқындылығын анықтау үшін **қондырғы құрастырылды** (пайдалы модельге патент алынды);

- **Абразивті тозудың қарқындылығы анықталды:**

- - әртүрлі бұрыштармен,
- әр түрлі мөлшерде тозатын көмір бөлшектерімен,
- тозу материалы мен үлгінің өзара әрекеттесуінің әртүрлі

жылдамдығында;

- үлгінің көмір көлемімен өзара әрекеттесуінің әртүрлі

бұрыштарында;

- тозу үлгісінің әртүрлі формаларында;
- көмір көлемінің әртүрлі температурасында;
- көмір көлемінен жанғыш ұшпа заттардың бөліну деңгейінде;
- көмір көлемінің әртүрлі ылғалдылығында.

**Абразивті тозу процесінің қарқындылығына әсері анықталды, олар:**

- бөлшектердің мөлшерінен;
- жылдамдықтан;
- бөлшектердің ылғалдылығынан;
- ұшпа заттардың шығу дәрежесінен;
- тозу үлгісінің әртүрлі формаларында;
- шабуыл бұрышынан;
- үлгінің қаттылығынан.

Абразивті тозу қарқындылығының процестің негізгі параметрлеріне **тәуелділігі формуласы** жасалды.

**Алынған нәтижелердің сенімділігі.** Эксперименттерді жүргізу кезінде эксперименттерді жүргізудің қажетті шарттары сақталды және қажетті дәлдікпен өлшеу аппаратурасы пайдаланылды:

- сусымалы материалдың фракциясын анықтау үшін әр түрлі өлшемдегі електер жиынтығы қолданылды, содан кейін әр електегі отынның үлесін аналитикалық таразыларда өлшенді,

- үлгіні зерттеуге дейін және кейін өлшеу аналитикалық таразыларда жүргізілді,

- көмір бөлшектерінің тозу көлемін термиялық өңдеу температураны бақылайтын муфельдік пеште жылу өлшер және термометрмен жүргізілді,

- үлгінің беріктігі стационар қатты өлшегішпен өлшенді.

Бұл параметрлердің барлығы сенімділігі жоғары құралдармен өлшенді. Зерттеулердің сенімділігі олардың қажетті сәйкестігі байқалған көмірдің бірдей фракцияларын пайдалану кезіндегі зерттеулер сериясымен расталады.

#### **Қорғауға шығарылады:**

- процестің негізгі параметрлері өзгерген кезде абразивті тозудың қарқындылығын әртүрлі бұрыштармен зерттеуге арналған **қондырғыны зерттеу және құрастыру әдістемесі.**

- **абразивті тозу қарқындылығын зерттеу нәтижелері:**

- әртүрлі бұрыштармен;

- әр түрлі мөлшерде тозатын көмір бөлшектерімен;

- тозу материалы мен үлгінің өзара әрекеттесуінің әртүрлі жылдамдығында;

- үлгінің көмір көлемімен өзара әрекеттесуінің әртүрлі бұрыштарында;

- тозу үлгісінің әртүрлі формаларында;

- көмір көлемінің әртүрлі температурасында;

- көмір көлемінен жанғыш ұшпа заттардың шығарылу деңгейінде;

- көмір көлемінің әртүрлі ылғалдылығында;

- тозу үлгісінің әртүрлі қаттылығымен.

**Алынған нәтижелерді сынақтан өткізу.** Диссертацияны орындау барысында он жеті ғылыми еңбек жарық көрді. Зерттеу нәтижелері негізінде 2 өнертабысқа ҚР патенті, 1 пайдалы модельге ҚР патенті алынды, алты баяндама халықаралық конференция материалдарында жарияланды, 2 мақала ҚР ҒЖМБ ҒЖБССҚЕК базасының басылымдарында жарияланды. Web of Science және Scopus дерекқорының халықаралық басылымдарында келесі мақалалар жарияланған:

1. Orumbayev R.K., Bakhtiyar B.T., Umyshev D.R., Kumargazina M.B., Otyunchiyeva M.T., Akimbek G.A. Experimental study of ash chafe of boiler heat exchange surfaces. // Energy Volume 215, Part A, January 15, 2021, 119119. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119119>, Web of Science, Q1, percentile 96. Изденушінің өз үлесі 60%, (Thomson Reuters).

2. Akimbek, G.A., Aliyarov, B.K., Akimbekova, S.A., Zhauytm, A. Determination of the intensity of abrasive chafe by different chafeing materials. //Metalurgija, Том 60, Выпуск 3-4, Стр. 351 – 354, July 2021. Web of Science, Q3, percentile 60. Ізденушінің өз үлесі 70%, (Thomson Reuters).

3. Akimbek, G.A., Aliyarov, B.K., Badaker, V.C., Akimbekova, S.A. Methodology and experimental setup for the study of relative abrasiveness of bulk solids. // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 2022, 2022(1), pp. 14–20. Scopus, Q4, percentile 47. Ізденушінің өз үлесі 70%, (Scopus)

4. Akimbek, G., Aliyarov, B., Akimbekova, S. The Development of the Method and Determination of the Relative Abrasiveness of Bulk Substances. // E3S Web of Conferences, 2020, 207, 05003. Scopus, Q4, percentile 25. Ізденушінің өз үлесі 70%, (Scopus).

### **Практикалық құндылығы.**

1. Сусымалы денелердің абразивті тозуын анықтау үшін қондырғы жасалды және оның негізінде жылу энергетикалық жабдықты жобалау мәселелерінде пайдалы болуы мүмкін көмір бөлшектерінің абразивті тозуын анықтау әдістемесі жасалды.

2. Құрылған қондырғы зертханалық жұмыстарды жүргізуде қолданылады:

- ЗЖ №1 орташа фракциялы сусымалы материалдар бөлшектерінің абразивтілігін зерттеу,

- ЗЖ №2 20-дан 400<sup>0</sup>С-қа дейінгі жұмыс температурасында ұшпа заттардың шығу дәрежесін анықтау әдісі.

- 4 курс студенттеріне «Жылу энергетикалық қондырғылары» пәні бойынша зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік;

- «Жылу энергетикалық қондырғылары» пәні бойынша зертханалық жұмысты оқу процесіне енгізу әктісі.

Зерттелетін мәселені шешуде **автордың жеке үлесі** анықталады:

Стенд әзірленіп, қажетті зерттеулерді қолайлы сенімділікпен жүргізу әдістемесі әзірленді, көмір бөлшектерінің өзара әрекеттесу жылдамдығының, мөлшерінің, температурасы мен ылғалдылығының, ұшпазаттардың шығу дәрежесінің, тозатын үлгілердің нысандарының көмір бөлшектерінің абразивті тозу қарқындылығына әсерін зерттеу жүргізілді, алынған нәтижелерге талдау және жалпылау жүргізілді, сенімділігі эксперименттік бөлшектермен сәйкестікпен расталған есептеу схемасы жасалды.

### **Диссертацияның қысқаша мазмұны.**

**Диссертацияның бірінші бөлімінде** ұшпа күлмен абразивті тозу процесін зерттеу, қазандықтардың ұшпа күлмен қыздыру беттерінің абразивтік тозуын төмендетудің негізгі тәсілдерін зерттеу және т.б. бойынша әдебиеттерге шолу келтірілген. Осы шолудың негізінде отынды вагондардан түсіруден жанарғылардың аэроараласу арналарына дейін барлық қозғалыс жолында көмір бөлшектерімен абразивті тозуды зерттеудің маңыздылығы қарастырылды.

**Екінші бөлім** сусымалы материалдардың абразивтілігін зерттеуге және тозу материалы мен үлгілерін таңдауға арналған эксперименттік қондырғы сипаттамасы туралы жазылған.

**Үшінші бөлім** зерттеу әдісін таңдауға арналған. Процестің негізгі параметрлерінің шамаларын анықтауға арналған зерттеу әдістемесі: көмір бөлшектерінің мөлшерін, тозатын көмір бөлшектерінің мөлшерін, қондырғы көлемін көмір бөлшектерімен толтыру деңгейін, тозатын үлгінің өлшемін, тозатын үлгінің материалын, тозатын үлгінің орнату бұрышын, үлгілердің тозу дәрежесін, әр түрлі температурада, ұшпа заттардың шығу деңгейі әр түрлі зерттеулер жүргізу кезінде, сондай-ақ судың бірдей көлемімен әр түрлі ылғалдылықта көмірді ылғалдандырып, зерттелеулер жүргізілгендігі жайында толық жазылды.

**Төртінші бөлім** көмір бөлшектерінің абразивті тозу қарқындылығын анықтау нәтижелерін ұсынады:

- көмір бөлшектерінің мөлшері,
- тозатын көмір көлемінің ылғалдылығы,
- ұшпа заттардың шығу дәрежесі,
- әртүрлі нысандағы үлгілерді тозумен тозатын бөлшектердің өзара әрекеттесу жылдамдығы,
- алынған деректерді талдау және қорыту нәтижелері,
- көмір бөлшектерімен абразивтік тозу процесін есептеу үшін формула құру.

**Қосымшаларда** ұсынылған қондырғыны пайдалану бойынша ұсынымдар, патенттер, енгізу актілері, хаттамадан үзінді көшірмелер, сертификаттар, ҚР СҒЗЖ 2022 үздік жұмысы үшін хаттама келтірілген.

**Диссертациялық жұмыстың қорытындысында** зерттеу нәтижелері жинақталып, диссертациялық жұмыс бойынша негізгі тұжырымдар тұжырымдалады. Әрі қарайғы зерттеулердің міндеттері тұжырымдалған, атап айтқанда, көмірді ұсақтау және ұнтақтау кезінде абразивті тозудың әзірленген әдісін зерттеу қажеттілігі атап өтілді.

Бұл қондырғыда, үлкен сенімділікпен, жанасатын беттерге түсетін әр түрлі мөлшердегі қатты бөлшектермен әрекеттесу кезінде, әртүрлі концентрацияда, шабуылдың әр түрлі бұрыштарында, су ағынының әр түрлі жылдамдықтарында СЭС элементтерінің абразивті тозу қарқындылығын зерттеуге болады.

Бұл қондырғы сонымен қатар, көмірден ұшпа заттардың және олардың басқа жанғыш заттармен қоспаларының шығу заңдылықтарын зерттеуге мүмкіндік береді (белгілі бір дәрежеде газдандыру процесі).

Менің ғылыми жетекшім, ҚР ҰҒА академигі, техника ғылымдарының докторы, профессор Б. К. Алияровқа алғысымды білдіремін.