

**«Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ»  
КЕАҚ Ғылыми кеңес отырысында  
11.06.2024 ж. №11 хаттамамен  
БЕКІТІЛДІ**

**D098 – «Жылу энергетикасы»  
білім беру бағдарламалары тобына  
докторантураға түсушілерге арналған  
емтихан бағдарламасы**

**I. Жалпы ережелер**

1. Бағдарлама «Жоғары және жоғары оқу орнынан кейінгі білімнің білім беру бағдарламаларын іске асыратын білім беру ұйымдарына оқуға қабылдаудың үлгілік қағидаларын бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрінің 2018 жылғы 31 қазандағы № 600 бұйрығына (бұдан әрі – үлгілік қағидалар) сәйкес жасалды.

2. Докторантураға түсу емтиханы сұхбаттасудан, эссе жазудан және білім беру бағдарламалары тобының бейіні бойынша емтиханнан тұрады.

Блогы	Балы
1. Сұхбаттасу	30
2. Эссе	20
3. Білім беру бағдарламасы тобының бейіні бойынша емтихан	50
Барлығы/ өту ұпайы	100/75

3. Түсу емтиханының ұзақтығы – 3 сағат 10 минут, осы уақыт ішінде оқуға түсуші эссе жазады, электрондық емтихан билетіне жауап береді. Сұхбаттасу ЖОО қабылдау емтиханының алдында өткізіледі.

**II. Түсу емтиханын өткізу тәртібі**

1. D098 – «Жылу энергетикасы» білім беру бағдарламалары тобына докторантураға түсушілер проблемалық / тақырыптық эссе жазады. Эссе көлемі – 250 сөзден кем болмауы керек.

Эссе мақсаты – теориялық білімге, әлеуметтік және жеке тәжірибеге негізделген өз аргументациясын құрастыру қабілетінде көрініс табатын аналитикалық және шығармашылық қабілеттер деңгейін анықтау.

Эссенің түрлері:

- зерттеу қызметіне ынталандырушы себептерді ашатын мотивациялық эссе;
- жоспарланған зерттеудің өзектілігі мен әдістемесін негіздейтін ғылыми-аналитикалық эссе;
- пәндік саладағы ғылыми білімнің әртүрлі аспектілерін көрсететін проблемалық/тақырыптық эссе.

2. Электрондық емтихан билеті 3 сұрақтан тұрады.

**Білім беру бағдарламасы тобының бейіні бойынша емтиханға дайындалуға арналған тақырыптар:**

**«Сығымдағыштар мен жылулық қозғалтқыштар» пәні**

**Тақырыптар. Жылу қозғалтқыштары. Бу қондырғылары. Газтурбиналық қондырғылар. Реактивті қозғалтқыштар. Дизельді электр станциялары. Реактивті қозғалтқыштардың жұмыс және жылу диаграммалары. Компрессорлар және компрессорлық қондырғылар. Газтурбиналық қондырғының толық өзіндік жұмысы**

**Тақырыпшалар:** жылу қозғалтқыштары циклдері; жылу қозғалтқыштарының жалпыланған термодинамикалық циклдері; тұрақты көлемдегі жылу беру циклінің графикалық графигі; тұрақты қысымдағы газ турбиналық қондырғының жылу циклінің жылу беру схемасы және әр процестің сипаттамасы; бір сатылы компрессордың Индикаторлық диаграммасы; көп сатылы компрессорлар. Көп сатылы компрессорлардың минималды жұмысы; газ турбиналық қондырғының толық өзіндік жұмысы; орталықтан тепкіш сорғының жұмысы кезіндегі Кавитация. Айналу жиілігі мен қысымға байланысты компрессорларды қолдануды анықтау; T, S көп сатылы компрессор диаграммасы; аралас жұмыс денесі бар бу- газ энергетикалық қондырғылар циклдарының жылу диаграммалары

**«Баламалы энергетика» пәні**

**Тақырыптар: Жаңартылатын энергия көздері. Қазақстандағы ЖЭК ресурстары.**

**Дәстүрлі энергия көздерін пайдалану мәселелері.**

**Тақырыпшалар:** ЖЭК ресурстары; түрлендіргіштерді дайындау технологиялары; энергияны дәстүрлі емес пайдалану мәселелері; баламалы энергия көздерін пайдалана отырып энергия үнемдеу.

**«Энергия үнемдеудің физикалық негіздері» пәні**

**Тақырыптар: Энергетикалық кешендер. Қазақстан Республикасының энергетикалық секторлары мен даму серпіні. Энергия үнемдеу. Жылу өндіргіш қондырғыларда энергия үнемдеу. Жылу технологияларындағы энергия үнемдеу**

**Тақырыпшалар:** Қазақстан Республикасындағы энергия үнемдеуге байланысты нормативтік-құқықтық база. Өндірістік кәсіпорынның энергетикалық құжаты. Энергия үнемдеудің негізгі бағыттары; жылу өткізгіштіктің негізгі теңдеулері мен заңдылықтары. Жылу өткізгіштіктің дифференциалдық теңдеуі. Конвективті жылу алмасу; жылу ұқсастығының негізгі теңдеулері мен теоремалары. Жану негіздері. Органикалық отынның құрамы; электр энергиясымен қамтамасыз ету жүйесіндегі энергия үнемдеу негіздері. Электр энергиясымен қамтамасыз етуді ұйымдастыру және техникалық негіздері. Өндірісті электр энергиясымен қамтамасыз ету шаралары.

Электр қондырғыларын жобалау және пайдалану кезінде электр энергиясын үнемдеу негіздері. Энергия аудитінің негіздері. Энергия аудитінің негізгі құрылымы.

### «Тұтқыр сұйықтықтың ағыны» пәні

**Тақырыптар:** Тұтқыр сұйықтық динамикасының негізгі түсініктері. Тұтқыр сұйықтық механикасының негізгі теңдеулері. Тұрақты қасиеттері бар сығылмайтын сұйықтық ағыны. Энергия теңдеуі. Сұйықтықтың стационарлық қозғалысы. Энергия теңдеуінің дивергентті формасы. Қабатты ағымдар. Шекара қабаты. Шекаралық қабат теңдеулерінің автотермиялық түрлендірулері. Тұтқыр сұйықтықтардың ағынын зерттеудің эксперименттік әдістері. Физикалық эксперименттің құралдары мен әдістері. Тегіс бос ағын.

**Тақырыпшалар:** Идеал және тұтқыр сұйық. Тұтқырлық. Ламинарлық және турбуленттік ағыс. Рейнольдс саны. Тұтас орта. Кнудсен саны. Ортаның сығылуы. Мах саны. Заттың сақталу заңы. Навье-Стокс теңдеулері. Үздіксіздік теңдеуі. Қозғалыс теңдеулері. Тұтқыр кернеулік тензоры. Үдемелі қозғалыс. Айналмалы қозғалыс. Ілгерлемелі қозғалыс. Тұрақты қасиеттері бар сығылмайтын сұйықтық үшін Импульстің сақталу заңы. Энергия ағынының тығыздығы. Пуазейл ағыны (динамикалық және жылулық есеп). Куэтта жазық ағыны (динамикалық және жылулық есеп). Динамикалық шекара қабаты. Динамикалық шекара қабатының қасиеттері. Шекара қабатының қалыңдығы. Шекаралық қабат теңдеулері. Прандтль әдісі. Мизес әдісі. Блазиус мәселесін шешудің жуық әдістері. Ығысу қалыңдығы. Импульсті жоғалтудың қалыңдығы. Итерация әдісі.

### «Жылу энергетикасындағы плазмалық технология» пәні

**Тақырыптар:** Энергетикалық көмірді жағу және қайта өңдеу проблемасының заманауи жағдайы. Отынды пайдалану тиімділігін арттыру әдістері. Көмірді тұтандыру, термохимиялық дайындау, жағу және газдандырудың плазмалық процестерін зерттеудің теориялық және эксперименттік әдістері. Екі фазалы отын ағындарының өзгеруінің Алло-автотермиялық сипаты. Зерттелген қатты отынның физика-химиялық сипаттамалары. Отынды газдандыру үшін тотықтырғыштың қажетті мөлшерін анықтау әдістемесі. Отынды газдандыру процесіне меншікті энергия шығынын есептеу әдісі. Қатты отынды плазмалық газдандырудың әртүрлі нұсқалары. Плазмотрондардың принципті схемалары. Энергетикалық көмірді жағуға электротермохимиялық дайындау процесінің энергетикалық тиімділігі. Органикалық отынды жағу әдістері: қатты отынды жағу. Қатты отынды жағуды ұйымдастыру схемалары.

**Тақырыпшалар:** Жылу шығаратын қондырғылар үшін негізгі энергия көздері. Органикалық отынның жіктелуі. Отынның қасиеттерін талдау. Қатты отынның жіктелуі. Көмір маркалары. Сұрыпты тас көмірдің ірілік кластары. Шартты белгілер. Тозаң-көмір отынының плазмалық тұтануы және жануы бойынша термодинамикалық есептеу. Сұйық отынның жіктелуі. Мазут. Мазуттың сипаттамасы. Крекинг. Салыстырмалы тығыздық. Шартты

тұтқырлық. Тұтану температурасы. Қату температурасы. Газ тәрізді отынның жіктелуі. Құрғақ Газдар. Табиғи Газдар. Жасанды Газдар. Қатты отынды газдандыру. Су газы. Ауыр көмірсутектер. ОҒА-технология. Азот оксидтерін селективті каталитикалық емес азайту әдісі. "Өткір" соққы.

### «Жылу энергетикасындағы сандық әдістер» пәні

**Тақырыптар:** Дифференциалдық теңдеулердің жіктелуі. Соңғы-айырмашылық әдістері (Негізгі тұжырымдама). Айырмашылық схемалары теориясының негізгі түсініктері мен белгілері. Дифференциалдық теңдеулерді ақырғы айырмашылықтарда ұсыну әдістері. Тұрақтылық пен конвергенция үшін әрине айырмашылық схемаларын зерттеу әдістері. Айқын және айқын емес схемалар.

**Тақырыпшалар:** Бірінші, екінші, аралас туындыларды жуықтау. Тейлор қатарына жіктеу. Көпмүшелік жуықтау. Интегралдық әдіс. Бақылау көлемі бойынша интегралдау әдісі. Шағын қозу әдісі. Фон Нейман әдісі. Практикалық тұрақтылық әдісі. Нақты схема бойынша есептеу алгоритмі. Айқын схемалардың мысалдары. Жуықтау немесе Тізбек тұтқырлығы. Физикалық процестер бойынша бөліну принципі. Аралас схемалар. Толқындық теңдеуді есептеу алгоритмі. Анық емес схемалар бойынша жылу өткізгіштік теңдеулері: Кранк-Николсон, Дюфорт-Франкель, әр түрлі шекаралық шарттары бар.

### «Жану камераларындағы реактивті ағындарды компьютерлік модельдеу» пәні

**Тақырыптар:** Жану камераларындағы реактивті ағындарды модельдеудің негізгі түсініктері. Шешудің сандық әдістерінің қасиеттері (үйлесімділік, тұрақтылық, конвергенция, сақтау, шектеу, іске асыру, дәлдік). Іріктеу тәсілдерін енгізу (айырмашылық әдісі, соңғы көлем әдісі, соңғы элемент әдісі). Спектрлік әдістерге кіріспе (негізгі тұжырымдама). Соңғы көлем әдістері. Беттік интегралдарды жуықтау. Көлемді интегралдарды жуықтау. Соңғы көлем әдістері: бастапқы терминдерді жақындату. Үш өлшемді торлар. Блок-құрылымдалған торлар. Құрылымданбаған торлар. Бақылау көлеміне негізделген соңғы элементтер әдістері. Қысымды түзету теңдеуі. Аксиметриялық есептер. Сызықтық емес теңдеулер және оларды шешу. Ньютон тәрізді әдістер. Тиімділік пен дәлдікті арттыру. Қателерді талдау және бағалау. Қателіктердің сипаттамасы. Қателерді бағалау. Навье-Стокс теңдеулерін шешу. Конвективті және тұтқыр мүшелерді дискреттеу. Қысым мен дене күштерінің компоненттерінің дискреттілігі. Сақтау қасиеттері. Тордағы айнымалы орынды таңдау. Қысымды есептеу. Навье-Стокс теңдеулерінің шекаралық шарттары. Турбулентті ағындарға кіріспе. Тікелей сандық модельдеу (DNS). Үлкен құйындарды модельдеу (LES). RANS модельдері. Өте үлкен құйындарды модельдеу. Жылу маңыздалмасу. Сұйықтықтың ауыспалы қасиеттері бар ағындар. Еркін бетпен ағыс. Көпфазалы ағындары. Жану.

**Тақырыпшалар:** Торды таңдау. Тұрақты торлармен қадамдық жуықтау. Шекаралық жуықтауы бар ортогональды емес торлар. Торды генерациялау. Жылдамдық компоненттерін таңдау. Жылдамдыққа бағытталған тор

компоненттері. Декарттық жылдамдық компоненттері. Шекаралық шарттардың орындалуы. Алгебралық теңдеулер жүйесі. Іріктеу қателері. Конвективті және диффузиялық ағындарды жуықтау. Интерполяция және саралау тәжірибелері (Upwind Interpolation (UDS), Linear Interpolation (CDS), Quadratic Upwind Interpolation (QUICK), жоғары деңгейлі схемалар). Сызықтық теңдеулер жүйесін шешуге кіріспе. Тікелей әдістер (гауссты алып тастау, LU-ыдырау, үш жақты жүйелер, циклдік төмендету). Сызықтық теңдеулер жүйесін шешуге кіріспе. Итерациялық әдістер (негізгі тұжырымдама, конвергенция, кейбір негізгі әдістер, LU толық емес декомпозициясы: тас әдісі, ADI және басқа бөліну әдістері, конъюгативті градиент әдістері, екі қабатты градиенттер және CGSTAB, көп тармақты әдістер). CFD-де параллель есептеулер. Сызықтық теңдеулер үшін итерациялық схемалар. Кеңістіктегі домендердің ыдырауы. Уақыт өте келе доменнің ыдырауы. Параллельді есептеулердің тиімділігі. Сығылатын ағын. Кездейсоқ Мах саны үшін қысымды түзету әдістері. Сығылатын ағын үшін әзірленген әдістер.

### **«Жылу өткізгіштік теориясының негіздері» пәні**

**Тақырыптар:** Қатты денелердегі жылу өткізгіштік. Жылу өткізгіштік процесінің математикалық сипаттамасы. Стационарлық режимдегі жылу өткізгіштік. Стационарлық емес жылу өткізгіштік. Денелерді салқындатудың (жылытудың) тұрақты режимі. Біртекті ортадағы конвективті жылу алмасу. Конвективті жылу алмасудың дифференциалдық теңдеулері. Конвективті жылу алмасудың ұқсастық теориясы. Ламинарлы шекара қабаты теориясының негіздері. Турбулентті шекаралық қабат теориясының негіздері. Фазалық ауысу және химиялық қайта құру жағдайындағы жылу алмасу. Сұйықтық қайнаған кезде жылу беру. Радиациямен жылу алмасу.

**Тақырыпшалар:** Жылуды әртүрлі геометриялық пішіндегі қабырға арқылы беру. Жылу беруді қарқындату жолдары. Жылу көзі бар стационарлық жылу өткізгіштік. Әр түрлі пішіндегі көп қабатты қабырғаның стационарлық жылу өткізгіштігі. Шексіз пластинаны (цилиндрді, шарды) салқындату (жылыту). Соңғы өлшемдегі денелерді салқындату (жылыту). Жылу өткізгіштік есептерін шешудің жуық әдістері. Конвективті жылу алмасудың дифференциалдық теңдеулерін өлшемсіз түрге келтіру. Ұқсастық критерийлері. Критериалды теңдеулер. Пластинаның мәжбүрлі айналуымен жылу беру. Еркін конвекция кезінде жылу беру. Сұйықтықтың мәжбүрлі ағымымен құбырлардың жылу берілуі және жылу алмасу ерекшеліктері. Құбырдағы сұйықтық ағымының ламинарлық, турбуленттік және ауыспалы режимдерінде жылу беру. Жылу алмастырғыштардың жылу есебі. Жылу сәулелену теориясының негіздері. Жылу сәулеленуінің негізгі заңдылықтары. Сәулелі жылу алмасу процестерін зерттеу әдістері. Сәулелі денелер жүйесінің геометриялық сипаттамалары және сәулелі ағындардың қасиеттері. Жылу мен қабық арасындағы радиациямен жылу алмасу. Екі жазықтық параллель беттер арасындағы сәулелі жылу алмасу. Жоғары сіңіру коэффициенттері бар сұр денелер арасындағы жылу алмасу. Жылу қорғайтын экрандардың әрекеті. Жану алгебрасы әдісімен сәулеленудің бұрыштық коэффициенттерін анықтау.

### III. Пайдаланылган әдебиеттер тізімі.

#### Негізгі:

1. Баранов А.В. Энергосбережение и энергоэффективность: учебное пособие / Баранов А.В., Зарандия Ж.А. - Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. - 96 с.
2. Посашков М.В. Энергосбережение в системах теплоснабжения: учебное пособие для СПО / Посашков М.В., Немченко В.И., Титов Г.И. - Саратов: Профобразование, 2021. - 149 с.
3. Митрофанов С.В. Энергосбережение в энергетике: учебное пособие для СПО / Митрофанов С.В. - Саратов: Профобразование, 2020. - 126 с.
4. Е.Г. Авдюнин Моделирование и оптимизация промышленных теплоэнергетических установок. Учебник. Москва: Инфра-Инженерия, 2019. –184 с.
5. С.Л. Елистратов, Ю.И. Шаров Котельные установки и парогенераторы. Учебное пособие. Издательство: Инфра-Инженерия, 2021. – 148 с.
6. Энергетика и экологическая безопасность / В. И. Русан, Ю. С. Почанин, В. П. Нистюк. — Минск: Энергопресс, 2016. — 438 с.
7. Курбатов Ю.Л., Масс Н.С., Кравцов В.В. Нагнетатели и тепловые двигатели в теплотехнике. В 2-х частях. Ч. 1. Нагнетатели, Ч.2. Тепловые двигатели: Учебное пособие. – Донецк “НОРД-ПРЕСС”. 2018 – 286с.
8. Б.К. Алияров, М. Б. Алиярова Аналитическое исследование: «Казахстан: энергетическая безопасность, полнота преобразования и потребления энергии и устойчивое развитие энергетики» (состояние и перспективы). Алматы: LEM, 2016. – 336с.
9. А.Б. Алияров, Б.К. Алияров, М.Б. Алиярова Снабжение тепловой энергией (особенности, опыт, проблемы в Казахстане). Алматы: LEM, 2016.–312с.
10. Альтернативные топливно-энергетические ресурсы: экономико-управленческие аспекты использования в условиях инновационного развития общества / В. В. Богатырева и др. — Новополюцк: Полоцкий государственный университет, 2017. — 323 с.
11. Б.К. Алияров, М. Б. Алиярова Аналитическое исследование: «Казахстан: энергетическая безопасность, полнота преобразования и потребления энергии и устойчивое развитие энергетики» (состояние и перспективы). Алматы: LEM, 2016. – 336с.
12. А.Б. Алияров, Б.К. Алияров, М.Б. Алиярова Снабжение тепловой энергией (особенности, опыт, проблемы в Казахстане). Алматы: LEM, 2016.–312с.
13. Альтернативные топливно-энергетические ресурсы: экономико-управленческие аспекты использования в условиях инновационного развития общества / В. В. Богатырева и др. — Новополюцк: Полоцкий государственный университет, 2017. — 323 с.
14. Тепловые двигатели и нагнетатели: учебное пособие / С.А. Наумов, Е.В. Хаустова, А.В. Садчиков, В.Ю. Соколов, Е.В. Фирсова, А.В. Цвяк. Оренбургский гос.ун-т.- Оренбург: ОГУ, 2016. - 108 с.

15. Нагнетатели, тепловые двигатели и термотрансформаторы в системах энергообеспечения предприятий: учеб. пособие / В.И. Ляшков. - М.: ИНФРА-М, 2018. - 218 с.
16. Осмонов О.М. Расчет рабочего цикла тепловых двигателей. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 48 с.
17. Численное исследование аэродинамических и теплофизических характеристик пылеугольного топлива: Монография/ Аскарлова А.С., С.А. Болегенова- Алматы: Қазақ университеті, 2021. – 150 с.
18. Трехмерное моделирование процессов сжигания низкосортных казахстанских углей в камерах сгорания ТЭС: Монография / Аскарлова А.С., Болегенова С.А., Бекетаева М.Т.- Алматы: Қазақ университеті, 2017. – 180 с.
19. Мазо А.Б. Вычислительная гидродинамика. Часть 1. Математические модели, сетки и сеточные схемы. Учебное пособие / А.Б. Мазо - Казань: Казанский университет, 2018. -165 с.
20. Исследование тепловых процессов и аэродинамических характеристик угольных теплостанций. /А.С. Аскарлова, С.А. Болегенова, В.Ю. Максимов. – Алматы: Қазақ университеті, 2015. –122с.
21. Моделирование процессов тепломассопереноса в топочных камерах ТЭЦ: Монография /Аскарлова А.С., Болегенова С.А., Габитова З.Х.- Алматы: Қазақ университеті, 2019. – 136 с.
22. Павловский, В. А. Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы: учебное пособие / В. А. Павловский, Д. В. Никущенко. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 368 с.
23. Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A. 3D simulation of reactive flotations in combustion chambers. Student Training Manual. – Almaty: Al-Farabi KazNU, 2018. – 158 p.
24. Amos Gilat, Vish Subramaniam Numerical Methods for Engineers and Scientists. Wiley; 3 edition, 2013. – 576 p.
25. Numerical simulation of aerodynamic and thermal characteristics of pulverized fuel. /A.S. Askarova, S.A. Bolegenova – Almaty: Qazaq universiteti, 2017. - 166p.
26. J. Tu, Ch. Liu Computational Fluid Dynamics, 3rd Edition, a Practical Approach. Elsevier, 2019. – 498 p.
27. V.E. Messerle, A.B. Ustimenko, O.A. Lavrichshev Plasma–fuel systems for clean coal technologies. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Energy, 2019. – 356 p.
28. Мессерле В.Е., Устименко А.Б. Плазменное воспламенение и горение твердого топлива: Научно-технические основы // Palmarium Academic Publishing, Germany, 2012. – 405 с.
29. Снижение вредных выбросов в атмосферу оксидов азота котлами ТЭС / Таймаров М.А., Ахметова Р.В., Сунгатуллин Р.Г. и др. // Изв. Казан. ГАСУ. - 2017. - N 1(39). - С.180- 187.
30. Снижение выбросов оксидов азота на котле Е-135-3,2-420ДГ при сжигании газообразных продуктов сланцепереработки / Тугов А.Н., Верещетин В.А., Сидоркин В.Т. и др. // Электр. ст. - 2018. - N 5. - С.46-49.

31. Rahman Z.U., Wang X., Zhang J., Baleta J., Vujanović M., Tan H. Kinetic study and optimization on SNCR process in pressurized oxy-combustion // Journal of the Energy Institute. – Vol. 94, 2021. – P. 263-271.

**Қосымша:**

1. Бородкин В.В. Гидропневмопривод специальных технических систем: курс лекций / В.В. Бородкин. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2016. 132 с.

2. Нагнетатели и тепловые двигатели/В.М. Черкасский, Н.В.Калинин, Ю.В. Кузнецов, В.И. Субботин. – М.: Энергоатомиздат, 384с.

3. Лопастные насосы: Справочник / В.А. Зимницкий, А.В. Каплун, А.Н. Папир, В.А. Умов. – Л.: Машиностроение, 2016.

4. Li M., Wang X., Sun S., Zhen X., Li Q. Influence of Overfire Air Jet Form on Low NO<sub>x</sub> Retrofit Effect of an Opposed Firing Boiler // Journal of Chinese society of power engineering. – 2015. - No 4. – P. 263-269.

5. Zhu G., Gong Y., Niu Y., Wang S., Lei Y., Hui S. Study on NO<sub>x</sub> emissions during the coupling process of preheating-combustion of pulverized coal with multi-air staging // Journal of Cleaner Production. – Vol. 292, 2021. – 126012.

6. Chen T., Zhou Y, Wang B., Deng W., Song Z., Li W., Yang W., Sun L. Investigations on combustion optimization and NO<sub>x</sub> reduction of a 600-MWe down-fired boiler: Influence of rearrangement of tertiary air and jet angle of secondary air and separated over-fire air // Journal of Cleaner Production. – Vol. 277, 2020. – 124310.

7. Askarova A.S., Messerle V.E., Ustimenko A.B., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., and Yergalieva A.B. Reduction of noxious substance emissions at the pulverized fuel combustion in the combustor of the BKZ-160 boiler of the Almaty heat Electropower station using the “Overfire Air” technology // Thermophysics and Aeromechanics. - 2016, Vol. 23, No.1, pp.131-140.



