

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

2-жадвалда 50 – 1300 °C ҳароратлар интервалада ис газы иштирокида оксид ўтадиган тикланиш кимёвий реакцияларининг тегишли Гиббс энергиялари тақдим этилган бўлиб, ҳарорат ортиб бориши билан барча тикланиш реакцияларида Гиббс энергиялари қийматлари мусбатлашиб борди. Экзотермик жараён бўлишига қарамай, 1-кимёвий реакция, яъни мис қуйи оксидини ис газы билан тикланиши ҳамда 3-реакция, яъни фаялитни кальций оксиди иштирокида ис газы билан тикланиши берилган ҳароратлар интервалада содир бўлиш эҳтимоллиги анча юқори. Лекин 4-кимёвий реакция, яъни фаялитнинг ўзини ис газы билан тикланиши берилган барча ҳарорат қийматларида содир бўлиш эҳтимоллиги мавжуд эмас. 1-кимёвий реакциянинг, яъни вюститнинг ис газы билан тикланиши дастлабки ҳароратларда жуда паст эҳтимоллик билан содир бўлади. Афсуски, ҳароратнинг 800 °C дан ортиши вюститнинг тикланишини тўхтатиб қўяди.

Резюме. Ис газы иштирокида мис ишлаб чиқариш шлаклары таркибидаги металл

оксидларини тиклаш жараёнларининг кимёвий реакциялары ва шу реакцияларнинг бориш механизми тузилди. Ҳароратнинг ортиши мазкур карботермик тикланиш кимёвий реакцияларида Гиббс энергиясининг ўзгариши ҳамда мувозанат доимийлигига таъсири тадқиқ қилинди. Бунга қўра, 1300 °C да қаттиқ углерод билан борадиган тикланиш реакцияларининг барчаси ижобий кўрсаткичларга эга, яъни барча кимёвий реакциялар амалий жиҳатдан содир бўлади. Лекин ис газы билан борадиган тикланиш жараёнида фақатгина мис қуйи оксидининг ва фаялитни оҳак иштирокида тикланиш реакциялары содир бўлди.

Мис ишлаб чиқариш шлаклары таркибидаги металл оксидларини ис газы билан тикланиш жараёнининг термодинамик таҳлилидан олинган натижалар қийматлари ва шу қийматлардан олинган хулосалар ишлаб чиқариш амалиётидан олинган тажриба натижалари билан солиштирилганда бу қийматлар бир-бирига тўлиқ мос келиши аниқланди.

АДАБИЁТЛАР:

1. Yusupxodjayev A.A., Mirzajonova S.B., Hojiyev Sh.T. Pirometallurgiya jarayonlari nazariyasi [Matn]: darslik. – Toshkent: “Tafakkur” nashriyoti, 2020. – 300 b. ISBN 978-9943-24-295-1
2. S. T. Matkarimov. Technology of ore-fuel pellets processing in reducing medium. Композицион материаллари журналы, 2021 йил 4-сон. 108-112 бетлар.

Калит сўзлар: шлак, руднотермик тикланиш, хомашё, мис ишлаб чиқариш шлаклары, термодинамика, Ангрен кўмири.

Мақолада Эллингем усулидан фойдаланган ҳолда бир неча ҳароратларда шлак компонентларининг углерод билан таъсирлашиш реакцияларининг термодинамик имкониятларини ўрганишдир.

Ключевые слова: шлак, руднотермическое восстановление, сырьё, шлаки медного производства, термодинамика, Ангренский уголь.

В статье изучена термодинамическая возможность реакций взаимодействия углерода с компонентами шлака при различных температурах с использованием метода Эллингема.

Key words: slag, ore-thermal reduction, raw materials, copper slags, thermodynamics, Angren coal.

In the article - studying the thermodynamic possibilities of reactions of carbon exposure of slag components at several temperatures using the Ellingham method.

Тураходжаев Нодир Джахонгирович - т.ф.д., профессор, ТошДТУ “Куймачилик технологиялари” кафедраси мудири

Маткаримов Сохибжон Турдалиевич - PhD, доцент ТошДТУ “Металлургия” кафедраси доценти

УДК 629.7.036

НАПРЯЖЕННОЕ- ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛОПАТОК ТУРБИН ГТД С ЖАРОСТОЙКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

Р.Х. Сайдахмедов, Г.Р. Саидахмедова

Авиационный газотурбинный двигатель (ГТД) представляет собой сложный технический объект. Проверка исправности, работоспособности и правильности

функционирования, диагностирования авиационного ГТД необходима при эксплуатации последнего для обеспечения безопасности полетов. Быстрое определение неисправностей в

сложных системах ГТД, также необходимо для уменьшения времени простоев летательного аппарата, что повышает его экономичность.

За счет термомеханического воздействия на конструктивные элементы ГТД, в частности на лопатках компрессора и турбин возможно геометрическое изменение пера лопатки ротора или статора и структурное изменение в металлах лопатки. Относительно небольшая потеря геометрии в процессе эксплуатации существенно снижает коэффициент полезного действия газотурбинного двигателя в целом. Длительная эксплуатация в тяжёлых условиях может приводить к практически полной замене лопаток большинства ступеней компрессора и турбины.

Эксплуатационные разрушения деталей и узлов авиационного газотурбинного двигателя обусловлены, как правило, влиянием большого количества одновременно действующих факторов. Поэтому при проектировании деталей и агрегатов авиационного ГТД одним из главных условий для предотвращения их разрушения до окончания назначенного ресурса является максимально возможный их учет, т.е. необходимость диагностирования. От правильного выбора и точности диагностики зависят техническое состояние авиационного двигателя и в целом авиационной техники. Поэтому выбор метода диагностирования и моделирования систем авиационного ГТД является актуальной. Применение на практике научно обоснованных методов и средств диагностирования авиационной техники обеспечивает сокращение времени ее простоя, снижение затрат средств и труда на техническое обслуживание [1].

Внедрение в процессы технического обслуживания и ремонта современных методов диагностики воздушных судов дает весомый экономический эффект, формирующийся вследствие оптимального управления техническим состоянием эксплуатируемого парка летательных аппаратов. Диагностирование летательных аппаратов оказывает существенное влияние на безопасность полетов при всех стратегиях технического обслуживания и ремонта.

При этом первостепенное значение уделяется проблеме повышения надежности и долговечности авиационных ГТД, которая неразрывно связана с качеством деталей, так как практически все эксплуатационные показатели изделий определяются геометрическими параметрами, физико-механическими свойствами рабочих поверхностей.

В технике нет другой детали, работающей в таких сложных и ответственных условиях, как

лопатки газовых турбин турбореактивных двигателей (рисунок 1).

Для изготовления лопаток турбин используют дорогостоящее оборудование и редкие металлы, обладающие столь же редкими физическими свойствами. Одной из самых наукоемких и сложных в изготовлении компонентов газотурбинных двигателей является лопатка турбины. Производство подобной точности и уровня производят только шесть стран в мире, т.к. она требует сложнейших расчетов при проектировании и очень высокой точности изготовления. Кроме России, только фирмы США (Pratt & Whitney, General Electric, Honeywell), Англии (Rolls-Royce) и Франции (Snecma) владеют технологиями полного цикла создания современных ТРД.

На надежность ГТД существенное влияние оказывает турбина, основным элементом которой являются лопатки. Практическое повышение надежности турбины ГТД связано с повышением долговечности лопаток. Задача повышения надежности работы авиационных ГТД и в частности лопаток турбин решается конструктивными, технологическими и эксплуатационными методами. Если первые две задачи связаны с конструкцией лопаток, применением современных материалов, в частности, материалы, полученные на основе нанотехнологий и технологическими процессами получения деталей ГТД, а эксплуатационные методы повышения надежности связаны с созданием надежной и эффективной системы диагностирования авиационных ГТД.

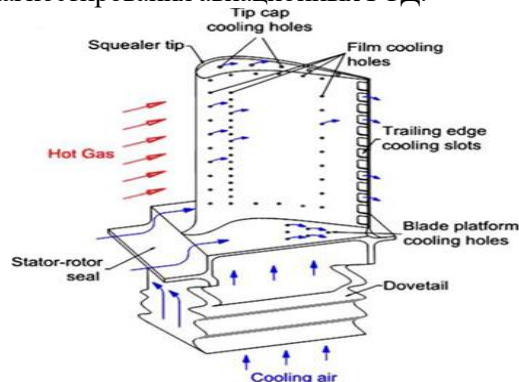


Рисунок 1. Лопатки ГТД с охлаждаемой системой

Одним из основных факторов, существенно влияющих на эффективность процесса диагностирования авиационного ГТД, является разработка математической модели процесса функционирования системы и алгоритмов диагностирования. Эффективность процессов диагностирования определяется не только количеством разработанных алгоритмов, но в значительной степени качеством средств диагностирования, а также разработкой

адекватной многопараметрической модели системы.

Авиационный ГТД является сложной технической многопараметрической системой, и разработка адекватного метода диагностирования является актуальной задачей. Одним из таких параметров ГТД является температура газа перед турбиной. Во время работы двигателя внутри турбины температура невероятно высока и чем выше температура газа перед турбиной (T_r), тем мощнее и экономичнее работает двигатель.

На рисунке 2 показана эволюция изменения температуры газа перед турбиной начиная с 1965 года. Повышение температуры газа перед турбиной связано с мощностью ГТД. Поэтому разработчики постоянно совершенствуют материалы лопаток турбин и ее конструкцию. Высокие температуры и циклические нагрузки, действующие на лопатки турбин создают высокие остаточные напряжения.

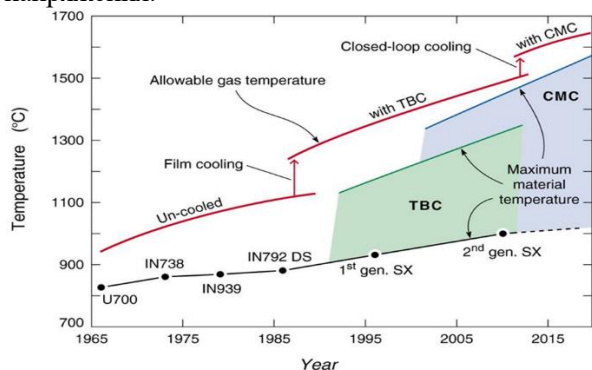


Рисунок 2. Эволюция изменения температуры газа перед турбиной в зависимости от материала лопатки, термобарьерного покрытия и охлаждения

Диагностика реального состояния и остаточного ресурса элементов конструкции авиационного газотурбинного двигателя является главной задачей в рамках решения проблемы обеспечения безопасности при эксплуатации летательных аппаратов.

Важнейшее звено в оценке ресурса и прочности является турбина ГТД - определение напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов конструкций, отличающихся сложностью формы и большим количеством зон концентраций напряжений. При этом определение действительных значений деформаций и напряжений и их изменений во времени в процессе эксплуатации требуется как для оценки прочности и ресурса, так и для разработки рекомендаций по оптимизации рабочих режимов и совершенствованию конструкций.

Для повышения надежности и долговечности лопатки турбин в современных авиационных двигателях применяют теплозащитные покрытия.

Большое влияние на долговечность эксплуатации лопаток ГТД при термоциклических нагрузках оказывает теплозащитное покрытие (ТЗП), которое обеспечивает защиту сплавов от высокотемпературного воздействия в условиях агрессивной внешней среды (рисунок 3).

Лопатки ГТД работают в экстремальных условиях (большой перепад температур, эрозионного износа, коррозии и т.д.) для их защиты используют керамические теплозащитные покрытия. В отличие от жаростойких покрытий, теплозащитные покрытия защищают не только поверхность лопаток от высокотемпературной коррозии, но и материал лопатки от разупрочнения в результате воздействия высоких температур. Типичная структура ТЗП для рабочих лопаток приведена в [7].

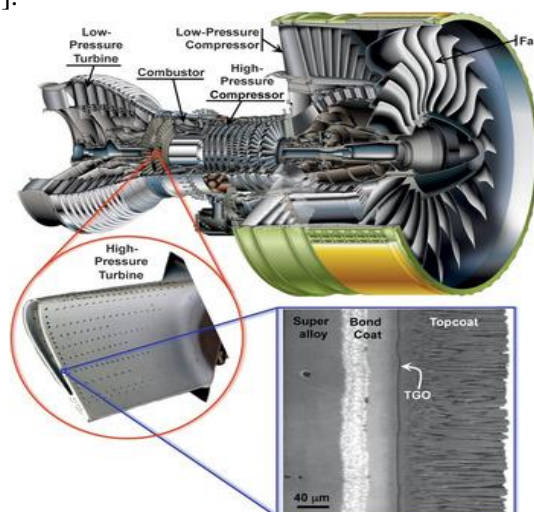


Рисунок 3. Основные элементы газотурбинного двигателя и турбинная рабочая лопатка с теплозащитными покрытиями

Роль поверхности, напряженно-деформированного состояния и ее влияние на эксплуатационные свойства деталей ГТД исследованы в работе [3]. Взаимосвязь поверхностного слоя с эксплуатационными свойствами деталей приведены на рисунке 4.

В процессе изготовления и эксплуатации детали на ее поверхности возникают неровности в слое металла, прилегающем к ней, изменяются структура, фазовый и химический состав. В детали возникают остаточные напряжения.

Наружный слой детали с измененной структурой, фазовым и химическим составом по сравнению с основным металлом, из которого изготовлена деталь, называется поверхностным

слоем. Внешняя поверхность слоя граничит с окружающей средой или сопряженной деталью.

Неровности на поверхности детали, структура, фазовый и химический состав поверхностного слоя влияют на её физико-химические и эксплуатационные свойства.

Поверхностный слой оказывает существенное влияние на надежность работы детали, узла и машины в целом. При эксплуатации поверхностный слой детали подвергается наиболее сильному физико-химическому воздействию. Разрушение детали в большинстве случаев начинается с поверхности (например, развитие усталостной трещины, износ, эрозия, коррозия).

И это не случайно. С одной стороны, детали двигателей изготавливаются «ажурными», пустотелыми и тонкостенными - это обусловлено необходимостью снижения веса. С другой, детали ГТД работают в условиях высоких и быстроменяющихся температур, агрессивных сред; одновременно материал деталей подвержен воздействию высоких статических и динамических напряжений, амплитуда и частота которых изменяются в

широких пределах. Частая и быстрая смена температуры (тепловой удар) приводит к возникновению дополнительных термических напряжений. Не случайно в этой связи появление различного рода дефектов (разрушение материала вследствие потери жаропрочности, накопление дефектов структуры и развитие трещин усталости, коррозия, термоусталость, разрушение при контактном взаимодействии деталей) в подавляющем большинстве случаев наблюдается в тонком приповерхностном слое деталей, что является первопричиной снижения общей прочности и разрушения деталей в эксплуатации. [2].

Технология изготовления лопаток компрессора и турбин авиационного газотурбинного двигателя очень сложный технологический процесс. Из-за усложнения конструкции лопаток, требующих современных технологий изготовления и технологий по повышению долговечности, увеличиваются затраты на их изготовление. Ресурс работы компрессора и турбины напрямую зависит от конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов.



Рисунок 4. Взаимосвязь поверхностного слоя с эксплуатационными свойствами деталей

Для повышения долговечности на лопатку наносят жаростойкое покрытие, затем промежуточный (так называемый переходный слой), на этом слое формируют керамическое покрытие. Такие процессы очень сложны и от управления технологическими процессами нанесения термобарьерных покрытий зависит

качество сформированного слоя. Процесс формирования термобарьерных покрытий на поверхности лопаток турбин производят в специальной ионно-плазменной установке. Лопатки перед напылением загружаются в камеру, из которой вакуумным насосом откачивают воздух. На поверхности испаряемого

электрода (катода), из которого изготовлен материал покрытия, образуются так называемые катодные пятна толщиной в несколько микрон. Это позволяет испарять материал без образования жидкой фазы. То есть состав материала покрытия переносится в виде плазменного потока на поверхность детали, образуя слой, который постоянно уплотняется заряженными частицами металлов, которые присутствуют в плазме. Тело лопатки со всех сторон равномерно покрывается защитным слоем из специального состава толщиной в 0,1 микрон. На лопатку можно наносить необходимое количество слоёв. Эти покрытия обеспечивают защиту лопаток в условиях термоциклирования.

Для процесса плазменного напыления в вакууме основными факторами, влияющими на формирование покрытий, их физико-механические и эксплуатационные свойства, являются подготовка поверхности изделий к напылению, энергия напыляемых частиц, температура конденсации и остаточные напряжения. Причем тепловые явления и остаточные напряжения играют наиболее существенную роль при формировании покрытий. Покрытия могут разрушаться как в процессе напыления, так и после него. Избежать подобных явлений и получить покрытия с заданными физико-механическими свойствами можно путем управления их составом и технологическим режимом формирования.

Качество и надежность работы жаростойких, керамических теплозащитных покрытий на лопатках турбин ГТД в значительной степени зависит от напряженного состояния в системе «покрытие-подложка». Поэтому изучение величины и знака остаточных напряжений в покрытии и подложке представляет большой практический интерес.

Ряд работ [4,5,8,9] посвящены разработке расчетных и экспериментальных методов определения остаточных напряжений и исследования остаточных напряжений в покрытиях стехиометрического и нестехиометрического состава.

Показано, что важной областью является изучение остаточных напряжений в многокомпонентных и многослойных покрытиях, а также в покрытиях нестехиометрического состава. Последнее позволит расширить области их применения, в том числе благодаря возможности варьирования

напряженным состоянием в системе «покрытие-подложка».

Напряженно-деформированное состояние лопаток турбин исследованы в литературе [10]. Остаточные напряжения за счет изменения температуры могут вызвать пластические деформации деталей ГТД. По этим причинам во время работы двигателя поведение материала вряд ли может быть нелинейным, а результаты моделирования требуют больших затрат времени. В данной статье приведены результаты исследования выбора и внедрение некоторых передовых методов оценки срока службы материалов для элементов газотурбинных двигателей.

Предлагаемая методика расчета и прогнозирование напряжений в многослойных и многокомпонентных покрытиях на лопатках турбин ГТД учитывает различные сочетания материалов как подложки (материал лопатки), так и защитных слоев (термобарьерные, переходные слои, а также слой, контактирующий непосредственно с поверхностью лопатки). Учитываются не только механические характеристики материалов (модуль упругости и коэффициент Пуассона), но и теплофизические свойства (коэффициент линейного расширения). При расчете может задаваться в широких пределах толщина каждого слоя, его температура и физико – механические свойства.

На основе разработанной математической модели расчета остаточных напряжений на лопатках турбин с многослойными защитными покрытиями нами была составлена программа на языке «С++» для n_i -слоев [6]. В расчете также учитывается и физико-механические свойства материала лопатки турбин.

Выводы. На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. существенное влияние на температуру газа перед турбиной оказывает влияние состав и структура теплозащитных покрытий на рабочих поверхностях лопатки турбин. Важным является изучение физико-механических свойств лопаток турбин с термобарьерными покрытиями и поведение системы при термоциклических нагрузках;
2. применение адекватных методов диагностирования напряженно-деформированного состояния и остаточных напряжений лопатки турбин обеспечивают высокую надежность в целом авиационного ГТД.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Воробьев В.Г., Константинов В.Д. Надежность и техническая диагностика авиационного оборудования: учебник. М.: МГТУ ГА, 2010. 448 с.
2. Мухин В.С., Смыслов А.М. Инженерия поверхности деталей машин// Вестник УГАТУ Т.12, № 4(33). С. 106-112.
3. Сулима А.М., Шулов В.А., Ягодкин Ю.Д. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин. М.: Машиностроение, 1988. -240 с.
4. Сайдахмедов Р. Х., Ягодкин Ю.Д., Карпман М.Г., Костина М.В. Исследование напряженного состояния в ионно-плазменных покрытиях// Материаловедение. 2002. №8. С.12-16.
5. Сайдахмедов Р.Х., Кадырова Д.Р. Расчетно-экспериментальное исследование остаточных напряжений в ионно-плазменных покрытиях на основе титана, циркония, ниобия и их нитридов//Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов (Том 2) (Сборник докладов IX Международного научно-технического конгресса термистов и металловедов). - Харьков: ННЦ ХФТИ, 2008. С. 26–30.
6. Сайдахмедов Р.Х., Саидрахмедова Г.Р. Расчет остаточных напряжений на лопатках турбин газотурбинного двигателя//Свидетельство программного продукта для электронно-вычислительных машин. №DGU 12690. 15. 10. 2021.
7. Тамарин Ю.А. Новые технологические процессы ГТД /Ю.А. Тамарин, Е.Б. Качанов. Москва 2008 – С. 144–158.
8. Фетисов Г.П., Карпман М.Г., Сайдахмедов Р.Х. Ионно-плазменные нестехиометрические покрытия на основе нитридов и карбидов переходных металлов. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2011. –220 с.
9. Saydakhmedov R.H., Khamraeva G.A., Khamraqulov U.Sh. Computer-aided modeling of vacuum coatings stressed state//Conference Proceedings MTA 2015 The 11th International Conference on Multimedia Information Technology and Applications (MTA 2015) June 30-July 2, 2015, Tashkent, Uzbekistan. P. 244-247.
Vincenzo Cuffaro, Francesca Curà, Raffaella Sesana., Advanced life assessment methods for gas turbine engine components, Procedia Engineering, Volume 74, 2014, Pages 129-134, XVII International Colloquium on Mechanical Fatigue of Metals (ICMFM17).

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, диагностика, жаростойкие покрытия, лопатки турбин ГТД, моделирование.

Диагностика реального состояния и остаточного ресурса элементов конструкции авиационного газотурбинного двигателя является главной задачей в рамках решения проблемы обеспечения безопасности при эксплуатации летательных аппаратов. Важнейшее звено в оценке ресурса и прочности турбины ГТД является определение напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов конструкций, отличающихся сложностью формы и большим количеством зон концентраций напряжений. При определении остаточных напряжений учитываются состав, структура защитного покрытия и технология их получения. Такие задачи можно решить, как экспериментально, так и расчетным путем. При этом определение действительных значений деформаций и напряжений и их изменений во времени в процессе эксплуатации требуется как для оценки прочности и ресурса, так и для разработки рекомендаций по оптимизации рабочих режимов и совершенствованию конструкций.

Key words: stress-strain state, diagnostics, heat-resistant coatings, GTE turbine blades, modeling.

Diagnostics of the real state and residual life of the structural elements of an aircraft gas turbine engine is the main task in solving the problem of ensuring safety during the operation of aircraft. The most important link in assessing the resource and strength is the turbine of a gas turbine engine - the determination of the stress-strain state (SSS) of structural elements that differ in the complexity of the shape and a large number of stress concentration zones. When determining the residual stresses, the composition, structure of the protective coating and the technology of their production are taken into account. Such problems can be solved both experimentally and by calculation. At the same time, the determination of the actual values of deformations and stresses and their changes over time during operation is required both for assessing strength and resource, and for developing recommendations for optimizing operating modes and improving structures.

Сайдахмедов Равшан Халходжаевич - доктор технических наук, профессор, Ташкентский государственный транспортный университет

Саидрахмедова Гулираъно Равшан кизи - Магистрант, Ташкентский государственный транспортный университет

СОДЕРЖАНИЕ

1. Химия и физикохимия композиционных материалов и нанокomпозитов

А.Х. Хурсанов, С.С. Негматов, К.С. Негматова, М.Э. Икрамова, Ж.Н. Негматов, Х.Ю. Рахимов, А.Н. Бозоров, Д.Н. Раупова. Исследование механизма взаимодействия композиционных химических флотореагентов-вспенивателей с частицами цветных и благородных металлов в процессе флотации.....	3
Ф.Х. Нормаматов, А.У. Эркаев, З.К. Тоиров, Б.Х. Кучаров. Изучение процесса упарки маточных растворов при получении нитрата калия.....	6
Л.К. Уббиниязова, Г.Ж. Оразимбетова, А.Г. Нимчик. Химико-минералогические свойства андезибазальтовых пород Каракалпакстана.....	11
Г.А. Усманова, Ш.К.Тухтаев. Термолиз поликомплексных композиций на основе полиакриловой кислоты и сополимера мочевиноформальдегида.....	14
Л.А. Юсупова, Ҳ.Р. Махмадиева, У.Р. Азаматов, Э.Э. Машаев, О.О. Қодиров. Ацетилацетон асосида винил эфирлар синтези.....	17
D.A. Xandamov, A.SH. Bekmirzaev, S.A. Doniyorov, D.Y. Mamatqulov, A.S. Xoliqov. Aminlangan gil adsorbentlarga n-geksan bug'larini adsorbtsiyasi xossalari.....	23
А. Икрамов, А.Э. Зиядуллаев, Д.А. Хандамов, Б.М. Отабоев. Катализаторы на основе оксидов некоторых местных металлов, нанесенных на бентонит, для гидратации ацетилена.....	25
Ф.Т. Худойбердиев, Д.Р. Махмудов, А.Т. Джалилов, Ш.Д. Широин, К.С. Каландаров, З.Р. Буриева. Исследование основных параметров, влияющих на время набухания при изготовлении патронированной гидрогелевой забойки в разных условиях.....	29
И. Рузматов. Ингибирование коррозии трубной стали в водоугольных суспензиях и нейтральных средах.....	32
Р.М. Мирзахмедов, Н.К. Мадусманова, З.А. Сманова. Имобилланган висмутол-2 реагентининг рений иони билан комплекс ҳосил бўлишини ўрганиш.....	35
Т.С. Халимжонов, С.Н. Асатов. Влияние влажности водорода на грансостав порошка молибдена и свойства компактных заготовок.....	38
Л.А. Юсупова, С.Э. Нурмонов, Т.Т. Сафаров, О.О. Қодиров. Ацетилен ва ацетофенон асосида винил эфирлар синтези.....	40
К.С. Негматова, М.Э. Икрамова, М.Н. Негматова, Ш.Н. Расулова, И.А. Набиева, С.С. Негматов, М.А. Бабаджанова, Ф.А. Лапасова. Физико-химические свойства красящих композиций в процессе крашения белковых волокон.....	45
К.С. Негматова, М.Э. Икрамова, М.Н. Негматова, Ш.Н. Расулова, И.А. Набиева, С.С. Негматов, М.А. Бабаджанова, Ф.А. Лапасова. Исследование механизма процесса крашения белковых волокон красящими композиционными материалами на основе солей поливалентных металлов.....	48
Ш.Н. Жалилов, К.С. Негматова, Р.Х. Пирматов, Н.С. Абед, Д.К. Холмурадова, С.С. Негматов, Р.Х. Солиев, Д.Н. Ходжаева, М.Б. Бойдодаев. Исследование влияния модифицирующих реакционно-способных соединений на физико-химические свойства мочевиноформальдегидной смолы.....	52
2. Физико-механика и трибология композиционных материалов	
Р.Х. Сайдахмедов, А.М. Рахматов. Влияние технологических режимов получения твердосплавных пластин на их износостойкость.....	55
А.А. Юсупов, А.Х. Абдуллаев. Влияние режима температуры нагрева на свойства стали.....	58
Р.К. Ташматов. Увеличение стойкости штампов холодной штамповки листов термической обработкой.....	62
Л.К. Кабулова, Т.А. Атакузиев, Г.Ж. Оразимбетова. Исследование коррозионной стойкости цементов с новой гидравлической добавкой.....	65
A.A. Yusupov, T.N. Ibodullaev. Noan'anaviy termik ishlov berish tartibini po'latli ashyolarning yeyilishga bardoshlilikiga ta'siri.....	67
Н.Д. Тураходжаев, С.Т. Маткаримов. Ис газы (CO) ёрдамида мис шлаклари таркибидаги темир асосли бирикмаларни тиклашнинг термодинамикаси.....	71
Р.Х. Сайдахмедов, Г.Р. Саидрахмедова. Напряженное-деформированное состояние лопаток турбин ГТД с жаростойкими покрытиями.....	73
И.Н. Нугманов, Х.Х. Бобоев, З.С. Тураева. Использование эффекта сверхпластичности в обработке металлов давлением.....	79
М. Каршиев, М.Ю. Рахимов, К.И. Юнусалиева, С.П. Абдурахманова, Н.Г. Холматова, А. Етмишов. Исследование особенностей сегрегации частиц по размерам, форме и массе в зависимости от параметров вибрации.....	81
У.Н. Шабарова, Қ.А. Равшанов. Сувда эрувчан полимерлар билан гул босилган аралаш матоларнинг структура-механик ва колористик хossalari.....	83
Д.Ф. Ганиева, М.Б. Маматкулова, Р.М. Давлатов. Улучшение физико-механических и эксплуатационных свойств шерсти при модификации.....	86
С.С. Негматов, Т.У. Улмасов, Н.С. Абед, З.У. Махаммаджонов. Теоретическая прочность адгезионного взаимодействия адгезив и субстрат.....	90
Т.У. Улмасов, С.С. Негматов, Н.С. Абед, З.У. Махаммаджонов. Способы повышения адгезионной прочности полимерных композиционных материалов и покрытий на их основе.....	91