

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**
Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

24-april, 2025



engineer.tstu.uz

**MUHAMMADAMIN KABULOVICH TOHIROVNING TAVALLUDINING
80 YILLIGIGA BAG'ISHLANGAN
“SAMARALI QURILISH MATERIALLARI, KONSTRUKSIYALARI VA
TEXNOLOGIYALARI”
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
ILMIY ISHLARI TO'PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining akademigi, O'zbekiston Respublikasida xizmat ko'rsatgan yoshlari murabbiysi, texnika fanlari doktori, professor **Muhammadamin Kabulovich Tohirovning tavalludining 80 yilligiga bag'ishlangan “Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari”** mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya ilmiy ishlari to'plami chop etildi.

Muhammadamin Kabulovich kompozitsion qurilish materiallarining polistrukturaviy nazariyasini rivojlantirishga ulkan hissa qo'shgan olimdir. 1995-yilda Muhammadamin Kabulovich Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining (RAASN) xorijiy a'zosi etib saylangan, bu esa ularning qurilish materialshunosligi sohasiga qo'shgan ilmiy hissasining xalqaro miqyosdagi e'tirofi bo'ldi. Ular o'z ilmiy faoliyati davomida 6 ta monografiya, 200 dan ortiq ilmiy maqola va 25 ta ixtiroga mualliflik guvohnomasi yaratganlar.

Ushbu konferensianing asosiy maqsadi – qurilish materialshunosligi, bino va inshootlarni loyihalash hamda qurilish sohasidagi zamonaviy ilmiy tadqiqotlar natijalarini muhokama qilish, shuningdek, muhandislik ta'lmini takomillashtirish yo'llarini aniqlashdir.

Konferensiyada O'zbekiston Respublikasi hamda xorijiy mamlakatlarning oliy o'quv yurtlari va ilmiy-tadqiqot institutlari olimlari, shuningdek, muhim ilmiy tadqiqot natijalariga ega bo'lgan ishlab chiqarish vakillari o'z ilmiy ishlari bilan ishtirok etdilar.

“Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensianing asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

- 1. Resurs va quvvatni tejaydigan qurilish materiallari va texnologiyalari** – zamonaviy ekologik va iqtisodiy talablarni qondirishga qaratilgan innovatsion yechimlar.
- 2. Bino va inshootlarning qurilish konstruksiyalari, zamonaviy hisoblash va loyihalash usullari** - muhandislik va texnologik yechimlarni takomillashtirish yo'nalishlari.
- 3. Arxitektura va shaharsozlik** – estetik va funksional jihatlarni uyg'unlashtirgan zamonaviy loyihalar yaratish.
- 4. Zamonaviy muhandislik ta'limi tizimini takomillashtirish** – kelajak mutaxassislarini yuqori malakali darajada tayyorlash uchun ta'lim jarayonini modernizatsiya qilish.

Mazkur konferensiya ilmiy hamjamiyatning turli vakillarini bir joyga jamlab, qurilish materialshunosligi sohasidagi zamonaviy muammolar va istiqbollarni muhokama qilish uchun qulay platforma vazifasini bajardi.

Wear-resistant elastic composite materials working in difficult conditions

Samandarov H.O.¹^a, Ibadullaev A.¹^b, Vapaev M.D.²^c, Teshabaeva E.U.¹^d

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

²Tashkent University of Applied Sciences, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

This article presents the results of the study of the possibility of using cisilgium (GLEJ) of Angren deposit as a mineral filler in the production of elastomeric compositions. At the same time its physical and chemical properties and structural features, as well as methods of enrichment are studied. When studying the process of mixing rubbers with purified GLEJ, it is established increased rubbing and absorption in the matrix in comparison with the initial ones, which are characterized by lower values of the amplitude of torque oscillations. The studies have established that the introduction of GLEJ into the elastomeric composition increases the values of conditional stress at 100-300% elongation and tensile strength, compared to rubber containing commercially used fillers, as well as significantly increases the resistance of rubbers to tearing and wear. This is particularly pronounced at a content of 40-60 wt. hr. GLEJ per 100 wt.h. of rubber, i.e. tear resistance increases from 40.6 to 76.4 kN/m and wear from 0.4 to 0.86. As a result, the technology of cleaning of GLEJ from metal oxides is proposed. Sufficiently high degree of cleaning by the specified method is connected with the fact that in the process of temperature influence at 950 K iron ions from paramagnetic state (d-form of Fe₂O₃) pass to ferromagnetic (g-form of Fe₃O₄). The feasibility and prospects of its use in the formulations of rubber mixtures for the production of various types of rubber products working in difficult conditions of railroad tracks, as well as in mechanical engineering.

Keywords:

Wear resistance, elasticity, composition, metal oxides, elastomer, strength, ductility, tear, ferromagnet, paramagnet, rubber products, filler, hardness

Износостойкие эластичные композиционные материалы работающие в сложных условиях

Самандаров Х.О.¹^a, Ибадуллаев А.¹^b, Вапаев М.Д.²^c, Тешабаева Э.У.¹^d

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

²Ташкентский университет прикладных наук, Ташкент, Узбекистан

Аннотация:

В данной статье приведены результаты исследований возможности применения кизилгия (ГЛЕЖ) Ангренского месторождения в качестве минерального наполнителя в производстве эластомерных композиций. При этом изучены его физико-химические свойства и структурные особенности, а также методы обогащения. При изучении процесса смешения каучуков с очищенным ГЛЕЖ, установлено повышенная втираемость и поглощение в матрице по сравнению с исходными, которые характеризуются меньшими значениями амплитуды колебаний крутящего момента. Исследованиями установлено, что введение ГЛЕЖ в эластомерную композицию повышает значения условного напряжения при 100-300%-ном удлинении и прочность при растяжении, по сравнению с резиной, содержащей серийно применяемые наполнители, а также значительно повышает сопротивление резин к раздиру и износу. Это особенно ярко проявляется при содержании 40-60 мас.ч. ГЛЕЖ на 100 мас.ч. каучуков, т.е. сопротивление к раздиру повышается от 40,6 до 76,4 кН/м а износ от 0,4 до 0,86. В результате предложена технология очистки ГЛЕЖ от оксидов металлов. Достаточно высокая степень очистки указанным способом связана с тем, что в процессе температурного воздействия при 950 К ионы железа из парамагнитного состояния (д-формы Fe₂O₃) переходят в ферромагнитную (г-форму Fe₃O₄). Целесообразность и перспективность использования его в рецептурах резиновых смесей для производства различных типов резинотехнических изделий работающих в сложных условиях железнодорожных путей, а также в машиностроение.

Ключевые слова:

Износостойкость, эластичность, композиция, оксиды металлов, эластомер, прочность, пластичность, раздир, ферромагнит, парамагнит, резинотехнические изделия, наполнитель, твёрдость

1. Введение

Одним из приоритетных направлений в развитии научно-технического прогресса в машиностроение является создание импортозамещающих материалов и

^a  <https://orcid.org/0009-0001-1147-0281>

^b  <https://orcid.org/0000-0002-8089-2592>

^c  <https://orcid.org/0000-0003-2488-3744>

^d  <https://orcid.org/0009-0002-0831-2749>



экспорт ориентированной технологии с рациональным и эффективным использованием сырьевых ресурсов Узбекистана [1-4]. В решении поставленных задач значительная роль отводится композиционным материалам, обладающим высокой прочностью, модулю упругости, твердостью, износостойкостью, тепломорозостойкостью и целого ряда других практически важных свойств. Благодаря фундаментальным исследованиям ряда зарубежных и отечественных учёных в области химии и технологии композиционных материалов, достигнуты значительные успехи в создании композиционных материалов, на основе гибко-жесткоцепных полимеров, широким спектром свойств. Между тем, исследования в области создания физико-химических основ технологии получения эластомерных композиционных материалов, с использованием различной по природе и структуре ингредиентов, далеко не обоснованы [5-8]. Для этого требует принципиально нового подхода к созданию высококачественных ингредиентов, на базе сырьевых ресурсов, располагаемых Республикой, с учетом специфики их структуры и свойств. С расширением машиностроение и железнодорожных узлов значительно возрастает роль резинотехнических изделий различного назначение, способных к эксплуатации в жарких климатических условиях Средней Азии. Для решения проблем, связанных с дальнейшим развитием производства эластомерных композиционных материалов и создания конкурентоспособных изделий, прежде всего, необходимо разработать новые более эффективные технологии производства с рациональным использованием доступных и высококачественных сырьевых материалов с заданными требованиями на основе местных сырьевых ресурсов [9-10]. Разработка эффективных эластичных композиционных материалов и освоение новых технологических процессов с целью создания ресурсосберегающих технологий производства резинотехнических изделий машиностроительного назначения, представляет несомненно большой научно-практический интерес.

На основе вышеизложенного в данной статье приводятся результаты исследований по разработке износостойких резинотехнических изделий машиностроительного и железнодорожного назначения на основе местных сырьевых ресурсов.

2. Методология исследования

Исследовали композиции на основе комбинации каучуков СКИ-3(15%)+СКН-26(15%)+СКС-30АРК (70%). Исследуемые резиновые смеси содержали наполнители 10 до 60 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука. Смеси изготавливали на лабораторных вальцах, а также в смесительной камере пластикордера Брабендер типа РІУ-151 объемом 75 см³ при частоте вращения роторов 30 мин⁻¹ и начальной температуре камеры 343±3К. Степень объемного заполнения камеры составляла 77%. Наполнители вводили в камеру после предварительной пластикации каучука в течение 3 мин. По полученным зависимостям крутящего момента M_{kp} от времени из пластограммы рассчитывали показатель обрабатываемости (λ). Степень пластикации смеси M_{max}/M_{min} , относительное возрастание максимального крутящего момента при введении наполнителя M_{ot} ,

условную скорость пластикации V_{pl} и максимальное значение температуры в смесительной камере T_{max} . Шприцемость резиновых смесей изучали с помощью приставки, используя фильтры $d = 3$ мм и мундштук «Гарвей». Образцы шприцевали при частоте вращения шнека 20-120 мин⁻¹ и температуре 293-363 К. Пластоэластические свойства резиновых смесей определяли по ГОСТ 1020-95—жесткость ЖД и эластическое восстановление ЭД по Дефо; по ГОСТ 10722-94—вязкость по M_{un} (ML4-373 К). Физико-механические свойства вулканизатов определяли соответствующими гостями.

3. Результаты исследования

На основе анализа данных многочисленных исследований и экспериментальных результатов установлено, что основные физико-механические показатели композиционных эластомерных материалов повышают минеральные наполнители. Поэтому исследовали возможности применения кизилгия (ГЛЕЖ) Ангренского месторождения в качестве минерального наполнителя. Однако его без предварительных обработок и соответствующих химических модификаций не могут быть использованы в производстве резинотехнических изделий. Так, как он содержит до 5,7 % оксида железа до 30 % воды, которые отрицательно влияют на технологические и физико-механические свойства эластомерных композиций и изделий из них. А основным требованием, предъявляемым к наполнителям, является, их содержание не более 0,3%. После электромагнитной сепарации и сушки при 373-426 К содержание оксидов металлов уменьшается лишь до 3,2 %, а количество связанной воды уменьшается до 15 % [11-14]. Для повышения магнитной восприимчивости слабомагнитных оксидов металлов (в основном Fe_2O_3) и удаления связанной воды в составе ГЛЕЖ, был применен метод озонирования (O_3). Обработка ГЛЕЖ проводилась в течении различного времени и температурах, затем осуществлялась очистка на электромагнитном сепараторе.

Таблица 1
Влияние времени и озона обработки на степень очистки ГЛЕЖ от оксидов металлов

Содержание оксидов металлов, %	До электромагнитной очистки	После электромагнитной	Температура обработки, °C	Время термообработки, мин			
				10	20	30	40
5,7	3,22	800-950	2,25	0,2 0	0,1 9	0,1 9	0,1 9

Из данных таблицы 1 видно, что для достижения более высокой степени очистки ГЛЕЖ, следует подвергать предварительную электромагнитную сепарацию с последующим озонированием при $T=800-950$ °C в течении 20 минут и электромагнитной очистке. Достаточно высокая степень очистки указанным способом связана с тем, что в процессе воздействия озона при 800 °C ионы железа из paramagnитного состояния (д-формы Fe_2O_3) переходят в ferromagnитную (г-форму Fe_3O_4).

Деривографические исследования также показали, для глубокого обезвоживания ГЛЕЖ достаточно термическая обработка при температурах $T=700-850^{\circ}\text{C}$. Исследования показали, что при термообработке ГЛЕЖ, также имеет место структурные изменения, увеличения маслопемкости и удельной геометрической поверхности. С помощью метода ЭПР было установлено повышение концентрации свободных радикалов, свидетельствующих об образовании парамагнитных центров в исследуемых образцах (Таблица 2).

Таблица 2
Удельной геометрической поверхности и маслопемкости ГЛЕЖ до и после термообработки, в течение 20 минут

Наименование показателей	До термообработки	После термообработки
$S_{\text{уд}}, \text{м}^2/\text{г}$	18,3	22,2
Маслопемкость мл/100г		
Льняное масло	20,1	25,5
Вазелиновое масло	18,3	28,1
ДБФ	17,1	23,3

Обнаружено также существенное отличие исходного и очищенного ГЛЕЖ по диспергируемости и распределению частиц в эластомерной матрице. Лучшая диспергируемость и, соответственно, наибольшая степень равномерности распределения частиц наполнителя характерно для резиновых смесей, наполненных очищенным ГЛЕЖ.

Состав, структура и свойства минеральных наполнителей существенно влияют на основные технологические и физико-механические свойства эластомерных композиций на основе комбинации различных типов каучуков. При изучении процесса смешения каучуков с очищенным ГЛЕЖ, установлено повышенная втираемость и поглощение в матрице по сравнению с исходными, которые характеризуются меньшими значениями амплитуды колебаний крутящего момента (Рисунок 1).

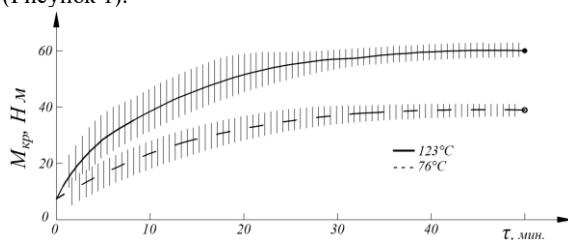


Рис. 1. Кинетика изменения крутящего момента ($M_{\text{kр}}$) в процессе смещения 40 мас.ч. каолина (—), ГЛЕЖ (---) на 15 мас.ч., СКИ-3+15 мас.ч., СКН-26+70 мас.ч., СКС-30АРК

Это, в свою очередь приводит к лучшей обрабатываемости и пластицируемости резиновых смесей и обусловлено физико-химическими, структурными особенностями ГЛЕЖ. В пользу высказанного предположения указывается уменьшение времени и температуры смешения эластомерных композиций.

Выяснено, что с увеличением содержания ГЛЕЖ в каучуке значительно уменьшается восстановляемость резиновой смеси после деформирования. При этом способность системы к накоплению энергии эластической деформации, т.е. разбухания экструдата

(P_s), в значительной степени зависит от удельной геометрической поверхности ($S_{\text{уд}}$) ГЛЕЖ.

Пласти-эластические свойства наполненных резиновых смесей с ГЛЕЖ показали, что по своим технологическим показателям, практически не отличаются от серийно применяемых минеральных наполнителей. Однако, при высоких степенях (более 30 мас.ч. на 100 мас.ч.) наполнения каучуков необходимо будет учитывать его удельную поверхность и структурные особенности, которая способствует к более значительному увеличению эффективной вязкости и конфекционную клейкость резиновых смесей (Рисунок 2). Например, при наполнении 50 мас.ч. комбинации каучуков СКИ-3, СКС-30АРК и СКН-26 ГЛЕЖом конфекционная клейкость резиновых смесей составляет 2,15.

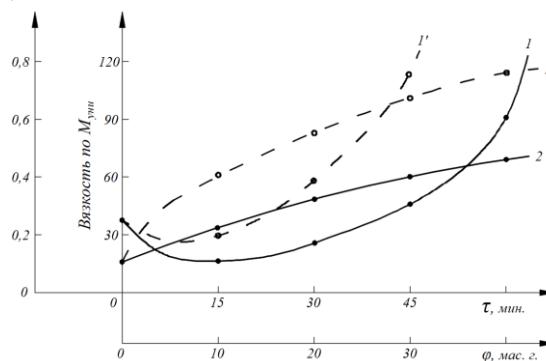


Рис. 2. Зависимость вязкости по $M_{\text{пп}}$ (1,1') и коэффициента клейкости (2,2') резиновых смеси на основе 15% СКИ-3+15% СКН-26+70 СКМС-30 АРК (содержание каолина (2) и ГЛЕЖ (2') 40 мас.ч. на 100 мас.ч. каучуков)

С целью выявления влияния ГЛЕЖ на технические свойства вулканизатов, подробно были рассмотрены упруго-прочностные свойства наполненных композиционных эластомерных материалов [15-17]. Исследованиями установлено, что введение ГЛЕЖ в эластомерную композицию повышает значения условного напряжения при 100-300%-ном удлинении и прочность при растяжении, по сравнению с резиной, содержащей серийно применяемые наполнители, а также значительно повышает сопротивление резин к раздире и износу. Это особенно ярко проявляется при содержании 40-60 мас.ч. ГЛЕЖ на 100 мас.ч. каучуков, т.е. сопротивление к раздире повышается от 40,6 до 76,4 кН/м а износ от 0,4 до 0,86 (Рисунок 3).

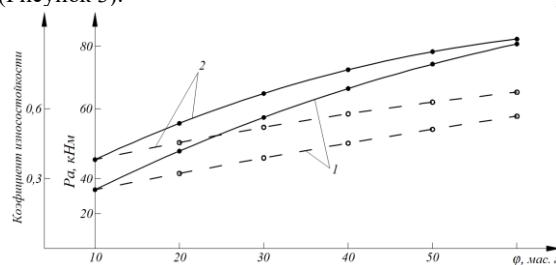


Рис. 3. Зависимость влияния содержание ГЛЕЖ (—) и каолина (---) на разрывное прочность и износостойкость резин на основе 15% СКИ-3, 15% СКН-26+ СКМС-30 АРК

Изучение влияния ГЛЕЖ на динамические свойства вулканизатов при многократном сжатии показало, что

при введении его в состав композиций наблюдается уменьшение теплообразования и остаточной деформации, а также увеличение динамической выносливости резин при многократном растяжении (N_{pac}). В предложенных композициях N_{pac} проходит через максимум и его наибольшее значение наблюдается при содержании 40-60 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука.

4. Заключение

Предложена технология очистки ГЛЕЖ от оксидов металлов. Достаточно высокая степень очистки указанным способом связана с тем, что в процессе температурного воздействия при 950 К ионы железа из парамагнитного состояния (d -формы Fe_2O_3) переходят в ферромагнитную (g -форму Fe_3O_4). Целесообразность и перспективность использования его в рецептурах резиновых смесей для производства различных типов резинотехнических изделий работающих в сложных условиях железнодорожных путей, а также в машиностроение.

Использованная литература / References

- [1] Применение резиновых технических изделий в народном хозяйстве. Справочное пособие. Москва, 1996, Химия, pp. 378.
- [2] Наполнители для полимерных композиционных материалов, Под ред. Г.С.Катса и Д.Б.Милевского. Москва, 1991, Химия, pp. 736.
- [3] Усиление эластомеров. Под ред. Дж. Крауса. Москва, 1968, Химия, pp. 216.
- [4] Востракунов Е.Г., Новиков М.И., Новиков В.И. Переработка каучуков и резиновых смесей (реологические основы технологии, оборудование), Москва, 1990, Химия, pp. 280.
- [5] Кузминский А.С., Кавун С.М., Кирпичевский В.П. Физико-химические основы получения, переработки и применения эластомеров. Москва, 1996, Химия, pp. 388.
- [6] В. Гофман. Вулканизация и вулканизующие агенты. Москва, 1988, Химия, pp. 465.
- [7] Ибадуллаев А., Юсупбеков А.Х., Уралский И.Л., Горелик Р.А. Использование волластонита в качестве наполнителя в резиновых смесях. Каучук и резина. 1984, но. 8, pp. 20-22.
- [8] Ибадуллаев А., Негматов С.С., Хайдаров И.Ю., Тешабаева Э.У. Влияние дисперсных наполнителей на вязкоупругие свойства не вулканизированных эластомеров. «Композиционные материалы». 2003, но. 2, pp. 5-7.
- [9] Негматов С.С., Лысенко А.М., Ибадуллаев А. К вопросу решения проблем по разработке технологии получения тонкодисперсных ингредиентов из местного минерального сырья для электротехнической, резинотехнической и других отраслей промышленности. Композиционные материалы, 2003. но 2. pp. 43-44.
- [10] Ibadullayev A., Muftullaeva M.B. Study of adsorption properties of montmorillonite of Karakalpakstan // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, 2019., no. 7-8, pp. 57-63.
- [11] Ibadullayev A., Muftullaeva M.B. Study of physic-chemical properties of montmorillonite of Karakalpakstan // Science and education in Karakalpakstan. Nukus, 2019, no 4, pp. 10-14.
- [12] Тешабаева Э.У., Ибадуллаев А., Жураев В.Н. Создание и применение ингредиентов на основе местных сырьевых ресурсов и отходов производств в эластомерных композиционных материалах// Ж Химия и химическая технология, 2016, pp. 66-71.
- [13] Негматов С.С., Тешабаева Э.У., Ибадуллаев У., Таджибаева Г.С., Носирова Л.Т. Исследование влияния кизилгия на кинетику вулканизации резиновых смесей на основе каучуков общего и специального назначения, Ж. Композиционные материалы, 2004, но. 4, pp. 45.
- [14] Ибадуллаев А., М.Б.Муфтуллаева Изучение влияние монтмориллонита Каракалпакстана на технологические свойства эластомерных композиций, Композиционные материалы, Научно-технический и практический журнал, 2019, но. 3, pp.8-14.
- [15] Негматов С.С., Ибадуллаев А. Исследование и разработка путей усовершенствования основных стадий технологии получения тонкодисперсных высокоеффективных ингредиентов на основе местного сырья. Ж. «Композиционные материалы». 2003, но. 1, pp. 53-54.
- [16] Ибадуллаев А., Таджибаева Г.С., Тешабаева Э.У., Негматов С.С. Исследование технологических свойств эластомерных композиций, наполненных кизилгия. Композиционные материалы, 2004, но. 1,pp. 62.
- [17] Ибадуллаев А., Тешабаева Э.У., Сейдабуллаев Я. Исследование свойств эластомерных композиций на основе комбинации каучуков СКИ-3+ СКМС-30АРК наполненных бентонитом. Композиционные материалы, Ташкент, 2016, но. 2, pp. 34-38

Информация об авторах/ Information about the authors

Самандаров Х.О.	Инженерия железных дорог, Ташкентский государственный транспортный университет E-mail: xushnudbek6600@mail.ru
Ибадуллаев А.	Инженерные коммуникации и системы, Ташкентский государственный транспортный университет E-mail: ibadullayev1957@bk.ru
Вапаев М.Д.	Ташкентский университет прикладных наук, Ташкент E-mail: murodjon.vapayev@mail.ru
Тешабаева Э.У.	Естественные науки, Ташкентский государственный транспортный университет E-mail: elmira-teshaboyeva@mail.ru

CONTEXT / MUNDARJU

G. Khalfin	
<i>Innovative development of the engineering education system</i>	214
E. Shchipacheva, R. Pirmatov	
<i>About improving the system of personnel training for construction industry.....</i>	216
A. Abdusattarov, E. Starovoitov	
<i>Elastic-plastic bending of three-layer rods under single and variable loading, taking into account damage and temperature effects.....</i>	219
Sh. Tadjibayev	
<i>Mathematical modeling using software to determine the stability of railway track slopes in sandy soils</i>	225
H. Samandarov, A. Ibadullaev, M. Vapaev, E. Teshabaeva	
<i>Wear-resistant elastic composite materials working in difficult conditions.....</i>	230