

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific Library of Uzbekistan



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

16-iyun, 2025



engineer.tstu.uz

**“QURILISHDA YASHIL IQTISODIYOT, SUV VA ATROF-MUHITNI ASRASH
TENDENSIYALARI, EKOLOGIK MUAMMOLAR VA INNOVATSION
YECHIMLAR” MAVZUSIDAGI RESPUBLIKA MIQYOSIDAGI
ILMIY-AMALIY KONFERENSIYA
TASHKILIY QO‘MITASI**

1. Abdurahmonov O.K. – O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi ijtimoiy rivojlantirish departament rahbari, Toshkent davlat transport universiteti rektori
2. Gulamov A.A – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
3. Shaumarov S.S – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
4. Suvonqulov A.X. – O‘zsuvta’minoti AJ raisi
5. Xamzayev A.X. – O‘zbekiston ekologik partiyasi raisi
6. Maksumov N.E. – O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi sohasida nazorat qilish inspeksiyasi boshlig‘i o‘rinbosari
7. Baratov D.X. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
8. Turayev B. X – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
9. Norkulov S.T. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
10. Adilxodjayev A.E. – Universitetdagi istiqbolli va strategik vazifalarni amalga oshirish masalalari bo‘yicha rektor maslahatchisi
11. Negmatov S.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK ilmiy rahbari, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Akademigi
12. Abed N.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK raisi
13. Merganov A.M – Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo‘limi boshlig‘i
14. Ibadullayev A. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini professori
15. Rizayev A. N. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini professori
16. Xalilova R.X. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini professori
17. Babayev A.R. – “Qurilish muhandisligi” fakulteti dekani
18. Boboxodjayev R.X – Tahririy nashriyot va poligrafiya bo‘limi boshlig‘i
19. Talipov M.M – Ilmiy nashrlar bilan ishlash bo‘limi boshlig‘i
20. Maxamadjonova Sh.I. - Matbuot xizmati kontent-menedjeri
21. Umarov U.V. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini mudiri
22. Eshmamatova D.B. – Oliy matematika kafedrasini mudiri
23. Muxammadiyev N.R. – Bino va sanoat inshootlari qurilishi kafedrasini mudiri
24. Tursunov N.Q. – Materialshunoslik va mashinasozlik kafedrasini mudiri
25. Shermuxammedov U.Z. – Ko‘priklar va tonnellar kafedrasini mudiri
26. Lesov Q.S. – Temir yo‘l muhandisligi kafedrasini mudiri
27. Pirnazarov G‘.F. – Amaliy mexanika kafedrasini mudiri
28. Teshabayeva E.U. – Tabiiy fanlar kafedrasini professori
29. Chorshanbiyev Umar Ravshan o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini dotsent v.b.
30. Obidjonov Axror Jo‘raboy o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasini assistenti



Development of rubber compounds for machine-building purposes

H.O. Samandarov¹, J.S. Sobirov¹, A. Ibadullaev¹, E.U. Teshabaeva¹, N.A. Sipatdinov²

¹Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

²Karakalpak state university named after Berdakh, Nukus, Karakalpakstan

Abstract: The influence of secondary raw materials of zinc production on the properties of rubbers based on SKI-3 and SKMS-30 ARKM-15 rubbers has been studied. The research results showed that when MCOM is introduced into SKI-3-based rubber compounds in the ratio zinc oxide +BCOM 2.5+2.5 and 1.0+4.0, there are practically no changes in the kinetics of vulcanization. When using MCOM individually as part of elastomeric compositions, the optimal vulcanization time is reduced by 1.19 times compared to a rubber compound containing zinc oxide. It can be every metal oxide in the MCOM composition that affects the vulcanization grid by its activity. For mixtures based on SKMS-30 ARKM-15, a similar dependence of the change in the kinetic parameters of vulcanization is observed as for mixtures based on polyisoprene when a combination of activators is introduced in the same proportions. However, with a further increase in the MCOM content in the rubber compound, the optimal vulcanization time is slightly reduced (by 1.07– 1.09 times) and an increase in the vulcanization rate is observed. Based on the results obtained, it was found that the introduction of VSOM into rubber compounds based on SKI-3 and SK(M)S-30 ARKM-15 in combination with zinc oxide in a ratio makes it possible to obtain rubber compounds and vulcanizates that are not inferior in properties to elastomeric compositions containing a traditional zinc oxide activator.

Keywords: Composition, kinetics, vulcanization, technology, activators, technical properties, polyisoprene, induction period, crosslinking, density, viscosity.

Разработка состав резины машиностроительного назначения

Самандаров Х.О.¹, Собиров Ж.С.¹, Ибадуллаев А.¹, Тешабаева Э.У.¹,
Сипатдинов Н.А.²

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

²Каракалпакский государственный университет имени Бердак, Нукус, Каракалпакстан

Аннотация: Исследованы влияние вторичное сырьё производства цинка на свойства резин на основе каучуков СКИ-3 и СКМС-30 АРКМ-15. Результаты исследований показали, что при введении МСОМ в резиновые смеси на основе СКИ-3 в соотношении оксид цинка+ВСОМ 2,5+2,5 и 1,0+4,0 практически не наблюдается изменений кинетики вулканизации. При использовании МСОМ в индивидуальном виде в составе эластомерных композиций оптимальное время вулканизации сокращается по сравнению с резиновой смесью, содержащей оксид цинка, в 1,19 раза. Это может быть каждый оксид металлов в составе МСОМ влияет на вулканизационной сетки по своим активности. Для смесей на основе СКМС-30 АРКМ-15 наблюдается аналогичная зависимость изменения кинетических параметров вулканизации, что и для смесей на основе полиизопренов при введении комбинации активаторов в тех же соотношениях. Однако при дальнейшем увеличении содержания МСОМ в резиновой смеси оптимальное время вулканизации несколько сокращается (в 1,07– 1,09 раза) и наблюдается увеличение скорости вулканизации. На основании полученных результатов установлено, что введение ВСОМ в резиновые смеси на основе СКИ-3 и СК(М)С-30 АРКМ-15 в комбинациях с оксидом цинка в соотношении позволяет получать резиновые смеси и вулканизаты, не уступающие по свойствам эластомерным композициям, содержащим традиционный активатор – оксид цинка.

Ключевые слова: Композиция, кинетика, вулканизация, технология, активаторы, технические свойства, полиизопрен, индукционный период, сшивка, плотность, вязкость.

1. Введение

Как известно [1-3], что применение активаторов вместе с ускорителями резиновых смесей на основе ненасыщенных каучуков влияет не только их на термоструктурирование, но и на технические свойства резины. Также значительного увеличения скорости сшивания в главном периоде с сохранением или увеличением индукционного периода наблюдается увеличение плотности сшивки вулканизационной сетки, снижение сульфидности поперечных связей, способствующее увеличению стойкости вулканизатов к воздействию повышенных температур.

Среди активаторов наиболее широко применяется оксид цинка и стеариновая кислота [4-6]. При изготовлении смесей сера, ускорители и жирные кислоты сорбируются на поверхности дисперсных частиц оксида цинка. В результате взаимодействия этих компонентов смеси друг с другом образуют комплекс вулканизирующих агентов. Дисперсные частицы их, сформировавшиеся у поверхности оксида цинка, приобретают кинетическую стабильность, адсорбируя их молекулы, и постепенно диспергируются в массе. Поверхностный слой их улучшает также совместимость серы с каучуком и способствует адсорбции макромолекулы эластомера на поверхности дисперсных частиц комплекс вулканизирующих агентов [7,8].

В свете вышеизложенного актуальной проблемой является использование в составе эластомерных композиции композиционных активаторов, содержащих одновременно комбинацию органических и неорганических на основе вторичных ресурсов. В то же время дефицитность оксида цинка и некоторое отрицательное влияние на окружающую среду предлагаемых вторичных продуктов требует разработки рецептур резиновых смесей с различными их содержаниями.

Поэтому цель данной работы определение влияния смеси оксидов металлов (композиционного активатора) отход производства цинка при частичной или полной замене оксида цинка на технологические и технические свойства резиновых смесей на основе СКИ-3 и СКМС-30АРКМ-15.

2. Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись стандартная резиновая смеси на основе каучуков СКИ-3 и СКМС-30АРКМ-15, вторичное сырьё производства оксида цинка. Смесей изготавливали на лабораторных вальцах, а также в смесительной камере пластикордера Брабендер типа PIU-151 объемом 75 см³ при частоте вращения роторов 30 мин⁻¹ и начальной температуре камеры 343±3К. Степень объемного заполнения камеры составляла 77%. Пластоэластические свойства резиновых смесей определяли по ГОСТ 1020-95— жесткость ЖД и эластическое восстановление ЭД по

Дефо; по ГОСТ 10722-94—вязкость по Муни (ML4-373 К) (вискозиметр MV 2000). Физико-механические свойства вулканизатов определяли в соответствующими ГОСТами.

3. Основная часть

Одним из важнейших технологических свойств резиновых смесей является определение их вязкости по Муни [5]. В табл. 1 представлены результаты исследования влияние оксидов металлов (BCOM) и его комбинации с оксидом цинком на вязкость резиновых смесей.

Таблица 1
Вязкость по Муни резиновых смесей на основе каучуков СКИ-3 и СКМС-30АРКМ-15

Наименование активаторов	Содержание активаторов, мас.ч.	Вязкость по Муни, усл. ед.	
		СКИ-3	СКМС-30АРКМ-15
Оксид цинка	5	8,3	28,2
BCOM	5	9,8	29,9
Оксид цинка+BCOM	2,5+2,5	8,7	30,8
Оксид цинка+BCOM	2,0+3,0	8,4	30,9
Оксид цинка+BCOM	1,0+4,0	10,0	29,5

Из представленных данных видно, что замена оксида цинка в резиновых смесях на вторичное сырьё производства цинка смеси оксидов металлов [6], приводит к некоторому увеличению вязкости по Муни на основе исследуемых каучуков. Так, для смеси на основе изопренового каучука, содержащей только оксид цинка, показатель вязкости равен 8,3 усл. ед. Муни, а для смесей с смеси оксидов металлов значение вязкости по Муни составляет 9,8 усл. ед. Аналогичная зависимость выявлена и для эластомерных композиций на основе бутадиен-стирольного каучука комбинации оксида цинка с смеси оксидов металлов. Такой характер изменения вязкости по Муни резиновых смесей, вероятно, может быть обусловлен особенностями взаимодействия поверхности вводимых активаторов и ингредиентов, входящих в состав резиновых смесей.

Известно [6,7], что определение вязкости по Муни резиновых смесей оказывается не всегда достаточным для установления всех особенностей переработки эластомерных композиций, поэтому применяют дополнительно релаксационные показатели. Специфику переработки каучуков и резиновых смесей определяют их вязкоупругие свойства, проявляющиеся в развитии высокоэластических деформаций, нарастающих до максимума и реализующих структурную релаксацию напряжений.

Для становление вышеизложенного изучали изменения релаксаций напряжений исследуемых эластомерных композиций от состава активаторов проводили на вискозиметре, который в течение минуты после остановки ротора фиксировал показания остаточного крутящего момента через небольшие промежутки времени. На основании полученных

данных, рассчитывается коэффициент релаксации (K_p), являющийся критерием оценки перерабатываемости каучуков и резиновых смесей (табл. 2).

В результате определены тангенс угла наклона касательной к графику релаксации через 1 с после остановки ротора ($\text{tg}\alpha'$) или наклон кривой релаксации в логарифмических координатах (α), является мерой скорости релаксации. При этом установлено, что увеличении содержания ВСОМ активатора в эластомерных композициях на основе СКМС-30АРКМ-15 коэффициент релаксации практически не изменяется (различие для композиций, содержащих оксид цинка и ВСОМ, составляет около 1%). В то же время для резиновых смесей на основе СКИ-3 выявлено, что применение в индивидуальном виде ВСОМ способствует облегчению релаксационных процессов, протекающих в эластомерной матрице. Так, значение коэффициента релаксации для резиновой смеси, содержащей промышленный активатор

вулканизации, составляет 79,0%, а для смеси с исследуемым активатором $K_p = 84,0\%$. Об увеличении скорости релаксации напряжений также свидетельствует изменение тангенса угла наклона кривой релаксации. В данном случае для композиции с оксидом цинка $\text{tg}\alpha' = -1,158$, а для смеси с композиционным активатором $-1,217$. Анализ полученных данных позволяет предполагать, что незначительное увеличение вязкости по Муни резиновых смесей на основе СКИ-3 и СКМС-30 АРКМ-15 при введении ВСОМ не приводит к ухудшению перерабатываемости эластомерных композиций, поскольку не наблюдается значительного изменения релаксационных показателей, характеризующих специфические особенности технологических свойств каучуков и резиновых смесей. При переработке эластомерных композиций важной характеристикой является стойкость резиновых смесей к преждевременной вулканизации.

Таблица 2

Показатели релаксации напряжений резиновых смесей

наименование активаторов	Содержание активаторов мас.ч.	Показатели релаксации резиновых смесей			
		СКИ-3		СКМС-30АРКМ-15	
		$\text{tg}\alpha'$	$K_p, \%$	$\text{tg}\alpha'$	$K_p, \%$
Оксид цинка	5	-1,158	79,0	-0,754	55,3
ВСОМ	5	-1,217	84,0	-0,688	54,8
Оксид цинка+ ВСОМ	2,5+2,5	-1,206	80,1	-0,644	54,7
Оксид цинка+ ВСОМ	2,0+3,0	-1,204	79,6	-0,667	54,4
Оксид цинка+ ВСОМ	1,0+4,0	-1,203	83,6	-0,687	54,4

Величина индукционного периода зависит от состава смеси и вулканизирующей системы, температурных параметров технологических процессов, а также режимов механического нагружения [8,9]. Для количественной оценки склонности резиновых смесей к подвулканизации используются показатели начала (t_s) и скорости подвулканизации (Δt). На основании полученных результатов выявлено, что использование МСОМ в составе эластомерных композиций способствует повышению стойкости к подвулканизации резиновых смесей. Следует отметить, что для резиновых смесей на основе СКИ-3, содержащих различные комбинации активаторов, изменение скорости подвулканизации незначительно по сравнению с композицией на основе СКМС-30 АРКМ-15. В данном случае основным фактором, снижающим стойкость резиновых смесей к подвулканизации, является природа эластомеров. Синтетические изопреновые каучуки имеют большую неопределенность по сравнению с бутадиен-стирольными каучуками [10], что, в свою очередь, способствует увеличению скорости сшивания макромолекул каучука. В то же время результаты исследований показали, что с увеличением содержания МСОМ в составе резиновых смесей на основе СКМС-30 АРКМ-15 скорость подвулканизации уменьшается в 1,2–1,5 раза.

Такой характер изменения свойств композиций, вероятно, связан с процессами образования действительного агента вулканизации, в котором

участвуют вулканизирующий агент, ускорители и активаторы вулканизации. В связи с тем, что содержание цинка в комбинациях меньше, чем при использовании только оксида цинка, а также ввиду сложного состава МСОМ, возможно, что при температуре проведения испытания скорость взаимодействия всех компонентов вулканизирующей системы меньше, чем в случае использования традиционных активаторов вулканизации. Помимо основного процесса образования поперечных связей в результате взаимодействия эластомера с вулканизирующим агентом происходят и побочные процессы – циклизации и модификации молекулярных цепей, перегруппировки образовавшихся вулканизационных связей, термической деструкции цепей эластомера и вулканизационных сетки [3-6].

Известно, что определение кинетических параметров вулканизации позволяет оценить влияние различных ингредиентов на изменение свойств эластомерных композиций в процессе формирования пространственной сетки вулканизата (табл. 3).

Таблица 3

Оптимальное время вулканизации (t_{90}) и скорость вулканизации (tRh) исследуемых резиновых смесей

Наименование активаторов	Содержание активаторов, мас.ч.	Резиновая смесь на основе			
		СКИ-3		СКМС-30АРКМ-15	
		t_{90} , мин	tRh , мин ⁻¹	t_{90} , мин	tRh , мин ⁻¹
Оксид цинка	5	14,50	1,48	45,15	0,70
ВСОМ	5	14,53	1,49	43,23	0,73

Оксид цинка+ BCOM	2,5+2,5	14,54	1,47	44,83	0,65
Оксид цинка+ BCOM	2,0+3,0	13,98	1,52	47,11	0,45
Оксид цинка+ BCOM	1,0+4,0	12,39	1,43	48,18	0,43

Результаты исследований показали, что при введении МСОМ в резиновые смеси на основе СКИ-3 в соотношении оксид цинка+BCOM 2,5+2,5 и 1,0+4,0 практически не наблюдается изменений кинетики вулканизации. При использовании МСОМ в индивидуальном виде в составе эластомерных композиций оптимальное время вулканизации сокращается по сравнению с резиновой смесью, содержащей оксид цинка, в 1,19 раза. Это может быть каждый оксид металл в составе МСОМ влияет на вулканизационной сетки по своим активности. Для смесей на основе СКМС-30 АРКМ-15 наблюдается аналогичная зависимость изменения кинетических параметров вулканизации, что и для смесей на основе полиизопренов при введении комбинации активаторов в тех же соотношениях. Однако при дальнейшем увеличении содержания МСОМ в резиновой смеси оптимальное время вулканизации несколько сокращается (в 1,07– 1,09 раза) и наблюдается увеличение скорости вулканизации.

Активаторы вулканизации оказывают влияние не только на кинетику вулканизации резиновых смесей, но и на упруго- прочностные свойства резин за счет изменения плотности сшивки вулканизата и сульфидности поперечных связей (табл.4). Из таблицы видно, что увеличение содержания ВСОМ в состав резиновых смесей на основе исследуемых каучуков приводит к увеличению условной прочности при растяжении резин. При этом следует отметить, что в случае введения комбинации значение данного показателя уменьшается, однако, находится в пределах погрешности допустимых. Такой характер изменения свойств резин на основе используемых каучуков при введении ВСОМ, вероятно обусловлен не только особенностями строения эластомерной матрицы, но и различиями структуры полученного вулканизата, а именно плотностью поперечной сшивки и энергией образующихся связей между макромолекулами каучука.

Таблица 4

Условная прочность при растяжении (f_p) и относительное удлинение при разрыве (ϵ_p) исследуемых резин

Наименование активаторов	Содержание активаторов, мас.ч.	Резиновая смесь на основе			
		СКИ-3		СКМС-30АРКМ-15	
		f_p , МПа	ϵ_p , %	f_p , МПа	ϵ_p , %
Оксид цинка	5	17,6	990	1,9	530
BCOM	5	19,9	910	2,2	480
Оксид цинка+ BCOM	2,5+2,5	19,0	950	2,0	520
Оксид цинка+ BCOM	2,0+3,0	19,2	965	2,0	520
Оксид цинка+ BCOM	1,0+4,0	19,5	980	2,1	490

Показано, что при использовании ВСОМ совместно с оксидом цинком, применяемыми при производстве, можно получить композицию с определенными свойствами. Если его содержание индивидуально увеличить по сравнению с оксидом цинком в композиции, то физико-механические свойства композитов постепенно улучшаются. Управляя этим процессом, то есть в результате изменения их содержание, можно получать эластомерные композиции с заданными технологическими, техническими и эксплуатационными свойствами и резинотехнические изделия на их основе. Известно, что эластомерные композиции, используемые в производстве, состоят из каучука и ингредиентов, отличающихся друг от друга по химическому составу, активности и структуре. По этой причине для изучения влияния ВСОМ были выбраны рецептуры эластомерные композиции имеющиеся в производстве с целью изучения совместимости ингредиентов, используемых в производстве, и свойства резинотехнических изделий на их основе. В результате установлено, что при применении ВСОМ в эластомерные композиции их эксплуатационные свойства не отличаются от используемых в настоящее время составов и улучшаются по некоторым показателям до 30%, а также показано, что они соответствуют требованиям ТР, ТУ, ГОСТ, ОСТ (табл. 5).

Таблица 5

Технологические и эксплуатационные свойства производственных рецептур для получения текстильных и металлокаркасных резинотехнических изделий на основе каучука СКМС-30АРКМ-15

Наименование показателей	Текстилькаркасная композиция		Металлокаркасная композиция	
	По ГОСТу	BCOM	По ГОСТу	BCOM
P, отн. с	0,35	0,30	0,40	0,35
f_p , МПа	9,2	12,6	3,6	5,9
$E_{отп}$, %	320	260	200	180
$F_{изг}$, %	8	4	4	4
$P_{из}$, кН/м	42	58	44	57
Вязкость (ВН-5006, масса 1,5), кг.	1,06	1,28	1,20	1,36
Адгезионная прочность, МПа	0,80	1,44	0,74	1,14

Как видно из таблицы, использование в составе ВСОМ вместо активатора оксида цинка позволило создать структуру для получения резинотехнических изделий с новыми показателями и условиями, то есть показано, что, изменяя содержание каучука, ингредиентов и ВСОМ, можно получать эластомерную композицию с высокими технологическими, техническими и эксплуатационными свойствами.

4. Заключение

Таким образом, на основании полученных результатов установлено, что введение ВСОМ в резиновые смеси на основе СКИ-3 и СК(М)С-30 АРКМ-

15 в комбинациях с оксидом цинка в соотношении позволяет получать резиновые смеси и вулканизаты, не уступающие по свойствам эластомерным композициям, содержащим традиционный активатор – оксид цинка. Снижение содержания дорогостоящего и экологически не безопасного компонента в составе резиновых смесей может способствовать повышению рентабельности продукции и уменьшению загрязнения окружающей среды.

Использованная литература / References

- [1] Корнев А. Е., Буканов А. М., Швердяев О. Н. Технология эластомерных материалов; под ред. А. Е. Корнева. М.: Истерик, 2009. 504 с.
- [2] Технология резины: рецептуростроение и испытания / под ред. Дика Дж. С.; пер. с англ. под ред. Шершенева В. А. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 620 с.
- [3] Ibadullaev A., Maxsetbaev E., Babaev A. Properties of elastomer compositions with the application of visual residue of gas pyrolysis resin as a plasticizer // AIP Conference Proceedings, 2024, 3045 (1), 060005, <https://doi.org/10.1063/5.0197534> (Scopus).
- [4] Shershev V.A. Razvitiye predstavleniy o roli aktivatorov sernoy vulkanizatsii yglevodeorodnix elastomerov. [Development of representations of the role of activators sulfur cured hydrocarbon elastomers]. Part 1. *Kauchuk i rezina.*, 2012, no. 1, pp. 31-36. (In Russ.).
- [5] Heideman G., Noordermeer J.W.M., Datta R.N., Van Baarle B. Zinc Loaded Clay as activator in Sulfur Vulcanization: A New Route for Zinc Oxide, *Rubber Chem. Technol.*, 2004, no. 77, pp. 336-342.
- [6] Karmanova O.V., Popova L.V., Poimenova O.V.. Sozdanie aktiviruyushix sistem dlya effektivnoy vulkanizatsii elastomerov [Creation of activating systems for effective vulcanization of elastomers] *Vestnik VGTUIT*, 2014, no. 3, pp. 126-129
- [7] Rogativa T.V., Shumskii V.F., Kutianina V.S., Getmanchuk I.P. et al. The Effect of technological additive Technol on the rheological properties of styrenebutadiene rubber. *Kauchuk i rezina.*, 2004, no. 3, pp. 24-28.
- [8] H. Chen, C. Wang, C. Hu, J. Zhang, S. Gao, W. Lu, L. Chen, Vulcanization accelerator enabled sulfurized carbon materials for high capacity and high stability of lithium-sulfur J. Mater. Chem. A 3 (4) (2015) 1392–1395. DOI: 10.1016/j.cej.2020.124378
- [9] S. Liu, J. Yu, K. Bikane, T. Chen, C. Ma, B. Wang, L. Sun, Rubber pyrolysis: kinetic modeling and vulcanization effects, *Energy* 155 (2018) 215–225. DOI: 10.1016/j.cej.2020.124378
- [10] Тешабаева Э.У., Ахмаджонов С.А., Турсуналиев М.М., Эргашева Х.Т. Gaz pyrolysis resin as a plasticizer for composite elastomer materials. In E3S Web of Conferences (Vol. 383, p. 04036). EDP Sciences. (2023).

Информация об авторах/ Information about authors

Самандаров. Х.О	Инженерия железных дорог, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент E-mail: xushnudbek6600@mail.ru
Собиров. Ж.С	Инженерия железных дорог, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент E-mail: xushnudbek6600@mail.ru
Ибадуллаев. А	Инженерные коммуникации и системы, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент E-mail: ibadullayev1957@bk.ru
Тешабаева. Э.У	Естественные науки, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент E-mail: elmira-teshaboyeva@mail.ru
Спандинов Н.А	Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент sipatdinov.nuratdin@mail.ru

U. Rakhmanova, Z. Mirzayeva, G. Ismailova, A. Abdusattorov

Equations of motion of a polymer pipeline interacting with the ground under seismic influences.....186

Z. Sattorov, N. Madraymov

Prospects for the use of ash and rock waste as a secondary resource in the energy industry.....189

Z. Sattorov, I. Ganiev

Improving the properties of high-strength fibrobetones with local mineral filler and complex chemical additive.....193

U. Abdullaev

Optimization of concrete mixture compositions with a superplasticizer additive as well as a binary microwave.....198

S. Yunusov, Sh. Mahmudova, M. Husainov, D. Muminov

Stress state analysis in belt drive systems and determination of their optimal operating modes.....202

Sh. Turdiev, U. Ziyamukhamedova

A literature review on the recycling of waste from medium-alloy high-speed steel using green technologies for the environmentally sustainable manufacturing of milling cutters.....207

M. Turakulov, N. Tursunov

Development and implementation of synthetic cast iron casting technology for the manufacture of a friction wedge.....212

M. Turakulov, N. Tursunov

Investigation of the conditions forming the operational characteristics of the friction wedge of the vibration damper.....215

H. Samandarov, J. Sobirov, A. Ibadullaev, E. Teshabaeva, N. Sipatdinov

Development of rubber compounds for machine-building purposes.....219

D. Khodzhikoriev, M. Khamrakulov, Z. Sayfullaeva, G. Khamrakulov

Classification characteristics of furniture products.....224

D. Khodzhikoriev, M. Khamrakulov, Z. Sayfullaeva, G. Khamrakulov

Commodity research of furniture products.....227

