ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на www.t-nauka.ru

ISSN 2500-1132 Издательский дом "Плутон" www.idpluton.ru

Выпуск №6

Кемерово 2017

11 марта 2017 г.

ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431

ISSN 2500-1140

УДК 378.001

Кемерово

Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по юридическим наукам. Подробнее на www.t-nauka.ru

За точность приведенных сведений и содержание данных, не подлежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.

Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала.

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей.

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Зимина Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инжинерно-строительный институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И .Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении.

Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета.

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими.

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент кандидат технических наук, Московский политехнический университет.

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации естественных наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru

Содержание

1. МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ.……3
Гусеинова Д.И.
2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГИИ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ НА МЕЖПОЕЗДНОЙ ОБМЕН…….....8
Веселов П.А.
3. РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА И СРЕДСТВА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ…..…….……...12
Букреев А.В.
4. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ. ИХ НЕДОСТАТКИ.…..…….……...16
Букреев А.В.
5. МОДИФИКАЦИЯ] НЕФТЯНОГО ДОРОЖНОГО БИТУМА С ПОЛИМЕРНЫМИ ОТХОДАМИ …..…….……...19
Шыхалиев К.
6. ПОНЯТИЕ О САМ-СИСТЕМАХ, ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ. ВНЕДРЕНИЕ САМ СИСТЕМ В ПРОИЗВОДСТВО. ХАРАКТЕРИСТИКА ОПЦИЙ БЭКПЛОТ (BACKPLOT) И ВЕРИФИКАЦИИ……...…..…….……...55
Микаилов А.А.

Гусеинова Диана Исмаиловна
Guseinova Diana Ismailovna
магистрант МКТУ им. Ясауи. Казахстан. E-mail: dianusha92@list.ru

УДК 621.22

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

GLOBAL TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF SMALL HYDRO POWER

Аннотация: В данной статье рассматриваются перспективы развития малой и микро-гидроэнергетики. Статья содержит отраслевой обзор аналитических документов, посвященных изучению региональных интеграционных процессов в секторах экономики. Глобальное потребление электроэнергии к настоящему времени, относительно 1971 года, выросло на 70% и продолжает увеличиваться (с некоторым замедлением в период экономического кризиса как в развитых, так и развивающихся странах) со среднемиро-вым темпом роста около 2% в год. В мировом производстве электроэнергии существенная ее доля принадлежит возобновляемым источникам энергии (16%). Среди них гидроэнергетика является наиболее технологически совершенной, на нее приходится 87% производимой мировой электрической энергии из возобновляемых источников (World Energy, 2007).

Abstract: This article discusses the prospects for the development of small and micro hydropower. This article contains an overview of the sectoral policy papers devoted to the study of regional integration processes in sectors of the economy. Global energy consumption to date, relative to 1971, increased by 70% and continues to grow (with some slowdown during the economic crisis in both developed and developing countries) with srednemirotion growth rate of about 2% per year. The world production of electricity is vital Nye's share belongs to renewable energy (16%). Among them, the guide-roenergetika is the most technologically advanced, accounting for 87% of world electricity produced from renewable energy sources (World Energy, 2007).

Ключевые слова: глобальная энергетика, малая и микро- гидроэнергетика, водные ресурсы, гидроэнергопотенциал, альтернативная энергетика

Keywords: Global energy, renewable energy, small and micro hydropower, water resources, hydro energy potential, alternative energy

Согласно базовым прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА), среднегодовые темпы роста производства электроэнергии на крупных ГЭС в 2007–2030 годах составят 2%, к 2030-му производство энергии на них превысит 4380 ТВт.ч. Доля крупных гидроэлектростанций в общем мировом производстве электроэнергии снизится до 12.4% (WEO, 2008). Тем не менее, прогнозные сценарии развития мировой гидроэнергетики показывают увеличение установленной мощности ГЭС до 1700 ГВт к 2050-му. На будущем гидроэнергетики могут сказаться последствия (и негативные, и позитивные) глобального изменения климата, что требует проведения соответствующих исследований и принятия адаптационных мер. Серьезное препятствие для продвижения гидроэнергетики развивающихся стран в бассейнах трансграничных рек – недостаточная урегулированность вопросов совместного водопользования, однако это касается в основном строительства крупных гидрообъектов. С 2001 по 2006-й среднегодовые темпы роста мощностей малой гидроэнергетики в мире составляли 7%. К 2006 году их уровень достиг 73 ГВт, а выпуск энергии на них – более 250 ТВт.ч.

Суммарные мировые инвестиции в малую гидроэнергетику в 2006 году составили около $6 млрд. Средняя стоимость строительства малых гидроэлектростанций составила от $1.5 до $2.5 тыс. за 1 кВт установленной мощности. В Швейцарии доля производства электроэнергии на МГЭС достигла 8.3%, в Испании – 2.8%, в Швеции – почти 3%, а в Австрии – 10%. Лидирующее положение по совокупным генерирующим мощностям МГЭС занимает Китай (47 ГВт), на втором месте – Япония
(4 ГВт), на третьем – США (3.4 ГВт), затем Италия и Бразилия.

Источник энергии	Производство электроэнергии (ТВт.ч)		Доля (%)		Темп роста (%)
	2006 год	2030 год	2006 год	2030 год	2007–2030 гг.
Крупные ГЭС	2725	4383	14.4	12.4	2
МГЭС	252	778	1.4	2.2	4.7

Доля гидроэнергетики,в том числе малой,в производстве электроэнергии в мире

Развитие гидроэнергетики имеет долгосрочные экономические преимущества, прежде всего с позиции возможности ее диверсификации, более эффективного и многоцелевого использования гидроэнергетического потенциала не только крупных рек, но и малых. Это направление ускоренно формируется в развитых и развивающихся странах, особенно в сельской местности, в районах, удаленных от энергосистем. Строительство МГЭС имеет также широкие перспективы развития в различных регионах мира с трансграничными речными бассейнами. Малая гидроэнергетика свободна от многих недостатков крупных ГЭС и является одним из наиболее экономичных и экологически безопасных способов получения электроэнергии, особенно при использовании небольших водотоков.

Преимущества МГЭС: смягчение влияния глобального изменения климата на окружающую среду за счет снижения выбросов CO2; эффективные технологии; минимальные площади затопления и застройки; местное и региональное развитие; помощь в обслуживании речного бассейна; электрификация сельских территорий; небольшой срок окупаемости. При строительстве и эксплуатации МГЭС сохраняется природный ландшафт, практически отсутствует нагрузка на экосистему. К преимуществам малой гидроэнергетики, по сравнению с электростанциями на органическом топливе, можно также отнести низкую себестоимость электроэнергии и эксплуатационные затраты, относительно недорогую замену оборудования, более длительный срок службы ГЭС (40–50 лет), комплексное использование водных ресурсов (электроэнергетика, водоснабжение, мелиорация, охрана вод, рыбное хозяйство).

В настоящее время нет общепринятого для всех стран понятия малой гидроэлектростанции, однако во многих странах в качестве основной характеристики такой ГЭС принята ее установленная мощность. К малым, как правило, относятся ГЭС мощностью до 10 МВт (в некоторых странах до 50 МВт).

В 2008 году инвестиционные затраты ГЭС (>10 МВт) оценивались в диапазоне от $1750 до $6250 за 1 кВт установленной мощности и в среднем составляли около $4 тыс. за 1 кВт. Инвестиционные затраты МГЭС (1–10 МВт) и очень малых ГЭС (≤1 МВт) могут варьироваться от $2000 до $7500 за 1 кВт и от $2500 до $10000 за 1 кВт, соответственно, и составлять для указанных видов ГЭС в среднем $4500-5000 за 1 кВт. Эксплуатационные расходы и техническое обслуживание гидроэнергетики составляют от 1.5 до 2.5% инвестиционной стоимости в год. В результате общая стоимость генерации для крупных ГЭС может составлять $40–110 за 1 МВт (в среднем $75 за 1 МВт); для МГЭС – $45 и $120 за 1 МВт (в среднем $83) и для микроГЭС – от $55 до $185 за 1 МВт (в среднем $90). Эксплуатационные расходы и техническое обслуживание (ЭР и ТО) гидроэнергетики составляют от 1.5 до 2.5% инвестиционной стоимости в год. В результате общая стоимость генерации для крупных ГЭС может быть 40–110 $/МВт (в среднем 75 $/МВт); для МГЭС – 45 и 120 $/МВт (в среднем 83 $/МВт) и для микроГЭС от 55 до 185 $/МВт (в среднем 90 $/МВт).

В Китае к малым относятся ГЭС мощностью от 1 до 50 МВт, они играют важную роль в обеспечении электроэнергией сельских районов: 45 тыс. малых гидросооружений вырабатывают 70 млрд кВт.ч для 300 млн сельских жителей. Китай планирует расширить использование малой гидроэнергетики: в ближайшие годы в ее развитие будет инвестировано $16.5 млрд. С 300 до 782 возрастет количество уездов, в которых будут построены такие объекты. Значительная их часть работает в комплексе с ирригационными сооружениями. Развитию малой гидроэнергетики в стране и распространению опыта Китая в этой области способствует международный центр МГЭС, созданный правительством страны, ЮНИДО и ПРООН в Ханчжоу (провинция Чжезян, Восточный Китай). В рамках программы

электрификации (The China Township Electrification Program) до 2005 года в Китае была проведена электрификация 1000 поселков, в том числе с помощью малых гидроэлектростанций

Технические показатели	Международные определения типов ГЭС							
Категории ГЭС	МикроГЭС (до 1 МВт)			МГЭС (1–10 МВт)			Другие ГЭС (>10 МВт)	
КПД гидротурбин (%)	до 92			до 92			до 92	
Сроки строительства (месяц)	6–10			10–18			18–96	
Возможный срок эксплуатации ГЭС (лет)	до 100							
Коэффициент использования установленной мощности (%)	40–60 (50)			34–56 (45)			34–56 (45)	
Коэффициент нагрузки ГЭС (%)	98			98			98	
Воздействие на окружающую среду								
Выбросы CO_2 и других парниковых газов (кг/МВт.ч)	несущественный							
Расходы на строительство ГЭС (в ценах 2008 года, $)								
Инвестиционная стоимость, включая затраты на строительные работы ($/КВт)	2500–10000 (5000)			2000–7.500 (4500)			1750–6250 (4000)	
Затраты на эксплуатацию и обслуживание (фиксированные и переменные) ($/КВт)	50–90 (75)			45–85 (65)			35–85 (60)	
Экономический срок службы (лет)	30							
Общая стоимость произведенной электрической энергии ($/МВт.ч)	55–185 (90)			45–120 (82.5)			40–110 (75)	
Период прогноза	2010 год			2020 год			2030 год	
Инвестиционная стоимость, включая затраты на строительные работы ($/кВт)	5000	4500	4000	4500	4000	3600	4000	3600
Общая стоимость произведенной электрической энергии ($/МВт.ч)	90	82.5	75	81	75	67.5	73	67.5
Доля электроэнергии ГЭС в общем электроэнергетическом рынке (%)	16–17			18–20			20–21	

Таблица 1.2. Технико-экономические и прогнозные показатели малой гидроэнергетики *Источник:* ETSAP, 2010

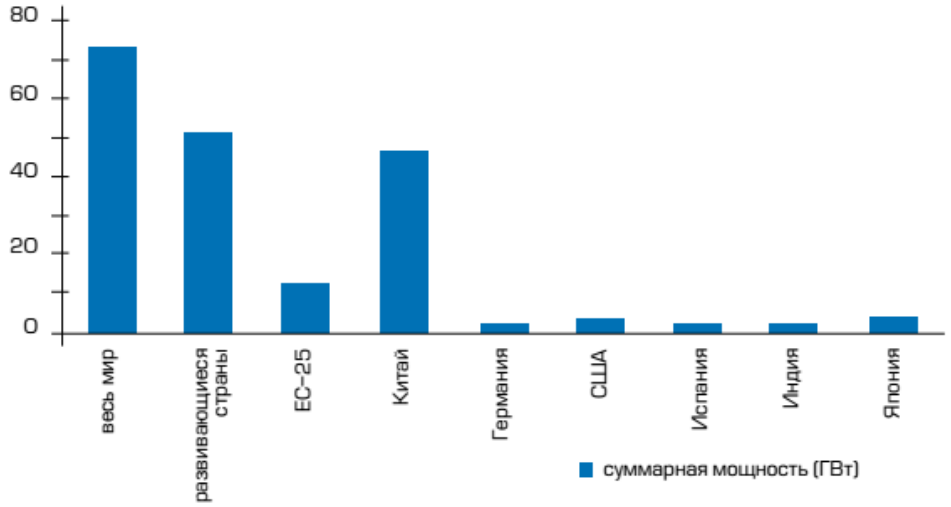


Рисунок 1.1.Суммарные мощностиМГЭС*Источник:* REN21, 2008*Примечание:* в суммарной мощности МГЭС развивающихся стран учитывается Китай

Развитию малой гидроэнергетики уделяется значительное внимание и в других странах. Европейский союз планировал к 2010 году довести установленные мощности МГЭС до 14 ГВт. Средняя стоимость 1 кВт.ч электроэнергии, выработанного на такой станции, в Европе в 2005 году составляла около $0.03. Удельные затраты на строительство малых гидроэлектростанций при их индивидуальном проектировании и возведении нередко могут превышать удельные затраты на строительство крупных ГЭС. Вместе с тем опыт проектирования и строительства различных малых гидроузлов все же позволяет говорить о возможности значительного снижения удельной стоимости вводимых мощностей при условии типового проектирования,

унификации оборудования, применения местных материалов. В странах Евросоюза, принимая во внимание эти факторы, расширяют использование гидроэнергетических ресурсов малых рек.

Масштабы и темпы развития малой гидроэнергетики зависят от наличия и степени разработанности соответствующих технологий и в конечном итоге – от себестоимости получаемой энергии. Несмотря на то, что электроэнергия, вырабатываемая на крупных ГЭС, одна из самых дешевых, во многих странах, особенно развитых, рост мощностей крупной гидроэнергетики в последние годы сдерживается по ряду объективных причин. К ним можно отнести, в первую очередь, необходимость привлечения значительных и долгосрочных инвестиций, высокие затраты на компенсационные природоохранные и социальные мероприятия, длительный срок строительства, полное исчерпание технически доступного и экономически обоснованного гидроэнергопотенциала.

	Факторы	Преимущества
1.	Экономические	• себестоимость вырабатываемой электроэнергии в 2–2.5 раза ниже, чем на крупных ГЭС; • не требует строительства плотин и больших площадей затопления, • не отвлекает из хозяйственного оборота плодородные земли; • приближенность к потребителю и отсутствие необходимости прокладки дорогостоящих ЛЭП, в том числе в труднодоступных районах; • возможность привлечения средств населения, среднего и малого бизнеса; • открывает дополнительные возможности для освоения новых территорий; • более короткие сроки получения электроэнергии.
2.	Технические и технологические	• не требуется использования большегрузной автотехники, строительства дорог для транспортировки техники и материалов для строительства плотин и т.д.; • простота в регулировании режимов эксплуатации; • возможность использования при строительстве МГЭС маломощных транспортных средств.
3.	Экологические	• отсутствие зон затопления и сохранение естественных земельных угодий (без засоления и эрозии), лесов, флоры и фауны; • сохранение экологического равновесия; • сохранение качества влаги, поступающей для коммунальных нужд и орошения.
4.	Социальные	• электрификация удаленных от основных коммуникаций поселений; • создание новых рабочих мест и привлечение рабочей силы на освоение новых и более эффективное использование действующих производств; • улучшение социально–бытовых условий населения.

Таблица 1.3. Сравнительные характеристики целесообразности развития МГЭС

Рынок крупных ГЭС определяют несколько производителей основного оборудования и большое число поставщиков вспомогательных компонентов и систем. В отличие от этого рынок малых гидросооружений представлен значительным количеством производителей оборудования, которое более технологично для применения огромного разнообразия конструкций и новых материалов. Экспертные оценки определяют значительный рост потребности в МГЭС. В настоящее время существует огромное количество производителей современного унифицированного оборудования для малых гидрообъектов. Конструкции, применяемые при создании таких агрегатов, весьма разнообразны: радиально-осевые, пропеллерные, ковшовые. Выбор типоразмера агрегата зависит от величин напора и расхода воды и в ряде случаев требует индивидуального проектирования МГЭС.

Малые гидроэлектростанции могут эксплуатироваться до 50 лет без существенных затрат на замену оборудования. Инвестиционные затраты на строительство ГЭС имеют значительные различия между промышленно развитыми и развивающимися странами. В развивающихся странах, например, в связи с низкой стоимостью рабочей силы затраты на общестроительные работы существенно меньше, чем в промышленно развитых странах. При условно равной стоимости

оборудования и монтажных работ строительство гидроэнергетического комплекса в развивающихся странах может быть экономически более оправданным, чем в развитых странах.

С учетом ограниченности гидроресурсов в мире можно предположить, что в период до 2030 года темпы развития гидроэнергетики заметно снизятся, но при этом будет поддерживаться диверсификация малой гидроэнергетики. При темпе роста в 4.5–4.7% производство электроэнергии на малых ГЭС достигнет к 2030 году 770–780 ТВт.ч, что будет составлять более 2% всего производства электроэнергии в мире. Таким образом, можно сказать, что малая гидроэнергетика в обозримой перспективе останется одним из самых важных и конкурентоспособных возобновляемых источников энергии.

Библиографический список:

1. Ясинский В.А., Мироненков А.П., Сарсембеков Т.Т. Современное состояние и перспективы малой гидроэнергетики в странах СНГ.- Алматы, 2011,-с 36
2. REN21 (2008) Renewables 2007. Global Status Report. *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*. Paris: REN21 Secretariat and Washington, DC:Worldwatch Institute.
3. WEO (2008) *World Energy Outlook 2008*. International Energy Agency. Available at: http:// www. worldenergyoutlook.org/2008.asp
4. World Energy (2007) Survey of Energy Resources. Hydropower. World Energy Council: London. pp. 271-314. Available at: www.worldenergy.org
5. Енов Б. (2010) *Современное состояние малой гидроэнергетики в России*. Доступно на: www. powertecrussia.com
6. Ларин В. (2006) *Состояние и перспективы применения возобновляемых источников энергии в России*. Аналитический обзор материалов международного семинара «Региональные возмож-ности и проблемы возобновляемой энергетики России». Москва.
7. МОПРТ (2003) Реки и озера Таджикистана. Главное управление по гидрометеорологии и на-блюдениям за природной средой. *Министерство охраны природы Республики Таджикистан*. Ду-шанбе.
8. Орахелашвили Б., Фотькин С., Ливинский А (2004) Состояние и пути развития энергетического оборудования малых ГЭС. *Горный журнал*.
9. ETSAP (2010) Technology System Analysis Programme. IEA ETSAP - Technology Brief E12 - May 2010. Energy Technology Network - EA. . Energy Technology Systems Analysis Program. Available at: www.etsap.org
10. Государственный баланс запасов полезных ископаемых СССР на 1.01.1981г. Союзгеофонд. Москва. 1981г
11. Гидроэнергетика бассейна Аральского моря. Ташгидропроект, Ташкент, 1994г.
12. Государственный баланс запасов полезных ископаемых СССР на 1. 01. 1981 г Москва, Союзгеофонд, 1981г.
13. Топливно-энергетический комплекс СССР в 1979г (экономико-статистический анализ), Госплан СССР, Москва, 1980г.12. http://geolO.ru/, карты Таджикистана.
14. Солнечная энергетика: учеб. пособие для вузов / В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В. А. Кузнецова, Н.К. Малинин; под. ред. В.И. Виссарионова. М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
15. Организация Объединенных Наций. Специальная Программа ООН для экономик стран Центральной Азии "СПЕКА". Исследование "Рациональное и эффективное использование энергетических ресурсов в Центральной Азии". Москва, 2002 г.

Веселов Павел Александрович
Veselov Pavel Aleksandrovich
НИУ «МЭИ», каф. ЭКАО и ЭТ. E-mail: veselov.tpem@gmail.com

УДК 621.333.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГИИ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ НА МЕЖПОЕЗДНОЙ ОБМЕН

EVALUATION OF THE POSSIBILITY TO USE REGENERATIVE BRAKING ENERGY IN TRAIN EXCHANGE

Аннотация: В статье описаны результаты исследования рекуперативного торможения с использованием имитационных моделей движения, при котором была оценена возможность реализации энергии рекуперации на межпоездной обмена

Abstract: The article consists of the regenerative braking researching with motion simulation models results, in which was assessed the possibility of energy exchange. Recommendations about system recovery of water supply and water disposal of the city are made

Ключевые слова: Имитационное моделирование, рекуперативное торможение, межпоездной обмен

Keywords: motion simulation models, regenerative braking, energy exchange

Современные тенденции метровагонастроения приближают день, когда иметь возможность рекуперативного торможения будет 100% подвижного состава метрополитена. На 1 января 2013 года инвентарный парк московского метрополитена состоял из вагонов серии 81-717/714 и их модификаций на ~ 66% от общего числа вагонов[1], не имеющих возможности рекуперативного торможения, что в совокупностью с частью модификаций вагонов типа Еж, эксплуатируемых московским метрополитеном, серьезно затрудняло рассматривание рекуперативного торможения, как полноценного инструмента для повышения энергоэффективности. Однако с увеличением парка современных вагонов, в частности 81-740/741 и 81-760/761, возрастает и количество вагонов, способных рекуперировать. Так, например, до конца 2016 года на Таганско-Краснопресненскую линию поступили 216 современных вагонов 760-й серии, которые заменили свыше 60% устаревших вагонов в электродепо «Выхино». С 2017 по 2021 года в Московский метрополитен для Таганско-Краснопресненской и Калужско-Рижской линий будет поставлено почти 1,5 тысячи вагонов нового поколения – 765-й серии[2].

Говоря о повсеместном применении рекуперации, как правило речь идет об установке стационарных и/или бортовых накопителей энергии для приёма энергии рекуперативного торможения и последующей отдачи её обратно в контактную сеть. Однако следует отметить, что нельзя отбрасывать вариант применения рекуперативного торможения для потребления выработанной электроэнергии другими поездами в режиме тяги, т.е. на межпоездной обмен, что является самым простым и не требующим специальных затрат на дополнительное оборудование способом. Сравнение показателей сокращения энергопотребления на тягу поездов при применении рекуперативного торможения в различных странах приведено в таблице 1[3,16].

Таблица 1. – сравнение результатов испытаний рекуперативного торможения в метрополитенах различных стран.

№	Место	Вид накопителя/межпоездной обмен	Полученный результат сокращения энергопотребления
1	Тяговая подстанция Т-23,	стационарный	13,4 %

	филёвская линия московского метрополитена, г. Москва, Российская Федерация		
2	Метрополитен г. Лондон, Соединенное королевство	Межпоездной обмен с возможностью возврата избыточной энергии рекуперации во внешнюю сеть	15%
3	Киевский метрополитен, г. Киев, Украина	Межпоездной обмен	5 - 25%
4	Метрополитен г. Осака, Япония	Стационарный	25-40%
5	Метрополитен г. Гамбург, Германия	Бортовой	25%
6	Метрополитен г. Москва, Российская Федерация	Стационарный	8-26% в зависимости от линии

С учетом имеющихся данных о возможном перетоке мощности от рекуперирующего ЭПС через шины тяговой подстанции московского метрополитена с одной зоны на другие зоны [4], что позволяет говорить о повышенной вероятности успешного межпоездного обмена, существует предположение, что можно повысить энергоэффективность московского метрополитена не дожидаясь массового оснащения линий или подвижного состава московского метрополитена НЭ путем использования энергии рекуперативного торможения на межпоездной обмен как минимум при высокой интенсивности движения (в т.н. «час пик»).

С целью выявления потенциальной возможности реализации энергии рекуперативного торможения на межпоездной обмен были проведены исследования, с использованием методики оценки[3,16], при которой моделировалось движение электропоездов на заданном перегоне с интенсивностью движения 38 пар поездов в час и скоростью сообщения 44 км/ч, стоянка состава на станции была принята за 20 секунд. Важно отметить, что учитывались вероятные отклонения от запланированных временных промежутков вследствие не вовремя закрытых дверей (фактор пассажира) или позднего/раннего старта со станции (фактор машиниста). Чрезвычайные ситуации и происшествия, как факторы, влияющие на движение, не рассматривались.

Вследствие учёта скорости сообщения в исследовании, перегоны, условно принятые за «имеющие протяженность до 1500 м», имеют малое время выбега либо и вовсе его не имеют, а также имеют высокую скорость начала торможения, на что следует обратить внимание в первую очередь по следующим основаниям:

1) Результаты любых испытаний рекуперативного торможения на таких перегонах будут максимальными для реальной эксплуатации;
2) Метрополитены различных стран, как и различные ветки метро в городах имеют различные длины перегонов, таким образом для метрополитенов с короткими перегонами рекуперативное торможение максимально эффективно;

Принимая во внимание тот факт, что построенные до 70-х гг. включительно, подстанции (не говоря уже о 35-50-х гг., когда использовались прогревные ртутные выпрямители) были рассчитаны на обеспечение энергией движения 30-35 пар поездов в час и 6-вагонных составов, а мощности двигателей подвижного состава возросли более чем в 1,5 раза, примерно в 1,5 раза увеличилось количество вагонов в поезде, повысились скорости движения поездов, возросла парность движения поездов до 42 пар в час, что вызвало необходимость на тех же площадях разместить в два-три раза более мощное оборудование [5], и то, что в московском метро на некоторых линиях поезда более новых серий с двигателями повышенной мощности вынуждены разгоняться на второй ходовой позиции из-за недостаточной мощности энергосистемы, а также тот факт, что аварийность московского метрополитена, момент написания статьи, возросла из-за того, что новые вагоны метрополитена вдвое более энергоемкие, чем старые (в частности серий Еж и 81-717/14) [6], высвобождение мощностей при использовании рекуперативного торможения может способствовать и частичному разрешению энергетических проблем в метрополитене.

Выводы:

- на перегонах малой длины, условно называемые «имеющие протяженность до 1500 м» поезда в режиме рекуперативного торможения практически всегда попадают на другие поезда в режиме тяги, что, по результатам исследования, позволяет говорить о высокой степени вероятности успешного межпоездного обмена, до 99%;

- межпоездной обмен в московском метрополитене возможен только на линиях/участках с короткими перегонами;

- перегоны большей протяженности имеют процентное соотношение рекуперированной энергии и энергии, затраченной на тягу, существенно ниже, чем максимальные значения таких параметров, указываемых в исследованиях и испытаниях. Без применения накопителей энергии для приема энергии рекуперации, ощутимое повышение энергоэффективности метрополитена маловероятно;

- на перегонах свыше 1500 м межпоездной обмен маловероятен, с уменьшающейся степенью вероятности прямо пропорционально увеличению длины перегона;

- существует необходимость более глубокого анализа перспектив бортового способа исполнения накопительного устройства, т.к. бортовой накопитель имеет определенные плюсы перед стационарным, а именно: позволяет рекуперировать при прохождении границы токораздела, имеет более высокий КПД, дает автономность ПС в аварийной ситуации, в случаях наличия запасенной энергии, позволяет реализовывать двойную тормозную мощность в виде энергии рекуперации целиком, не зависит от наличия потребителя энергии рекуперации в контактной сети.

Библиографический список:

1. Служба подвижного состава московского метрополитена. Типы вагонов. Официальный интернет сайт московского метрополитена [Электронный ресурс] // mosmetro.ru: [http://mosmetro.ru/about /structure/rollingstock/coach/];

2. На Таганско-Краснопресненской линии появятся 120 новых вагонов. Официальный интернет сайт московского метрополитена [Электронный ресурс] // mosmetro.ru: [http://mosmetro.ru/press/news/1625/];

3. Веселов П.А., К вопросу применения имитационных моделей движения для исследования эффективности рекуперативного торможения в метрополитенах, «Электроника и электрооборудование транспорта», г. Москва, 2017 г., № 1, с. 16-18;

4. Баранов Л. А., Гречишников В. А., Мелешин И. С., Шевлюгин М. В., Экспериментальная оценка эффективности рекуперации энергии торможения в СТЭ Московского метрополитена/ Безопасность движения поездов. Труды X научно-практ. конференции. – М.: МИИТ, 2009.

5. Электроснабжение московского метро. Интернет портал «Наше метро» [Электронный ресурс] // http://nashemetro.ru/: [http://nashemetro.ru/energy.shtml].

6. «Это настоящая парная». Интернет страница СМИ «Газета.ру» [Электронный ресурс] // https://www.gazeta.ru /: [https://www.gazeta.ru/social/2014/06/06/6061925.shtml].

Букреев Алексей Валерьевич
Bukreev Aleksey Valerevich
магистрант 2 курса Орловского государственного аграрного университета им. Н.В Парахина.
E-mail: alexziend@gmail.com

УДК 621.377.624.2

РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА И СРЕДСТВА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

DEVELOPMENT OF A NEW METHOD AND MEANS OF IDENTIFICATION OF WIRES AND CABLES

Аннотация: В статье рассматривается новый способ идентификации проводов и кабелей путем прохождения акустических волн через твердые тела.

Abstract: The article discusses a new method for the identification of wires and cables by passing the acoustic waves through the solid body.

Ключевые слова: идентификация, провода, кабели, акустические волны, твердые тела.

Keywords: identification, wires, cables, acoustic waves, solids.

Введение

В настоящее время, в различных областях связанных с электричеством возникает проблема идентификации нужных жил кабеля. Дело в том, что существующие способы идентификации проводов и кабелей не всегда позволяют сделать это безошибочно. К примеру идентификация по цветовой маркировке не всегда возможна из-за того, что провода могут быть одного цвета, маркеры (бирки) могут отсутствовать, прозвонка не предоставляется возможной при необходимости идентификации на больших расстояниях. В связи с этим встает вопрос о разработке новых способов идентификации проводников.

Наиболее перспективным способом идентификации является звуковая идентификации проводников посредством передачи акустической волны по твердым телам. Данный способ позволит идентифицировать провода и кабели без снятия изоляции, а также без разрывания электрической цепи.

Результаты исследования

Для разработки данного способа был произведен анализ существующих способов и средств идентификации проводов и кабелей [1]. В ходе данного анализа было выяснено, что каждый из существующих способов обладает рядом недостатков и не может на 100% идентифицировать нужный проводник.

Как известно скорость распространения звуковых волн в металле на порядок выше скорости звуковых волн в любой другой среде. Акустические волны в твердых телах представляют собой комбинацию продольной и поперечной объемных волн. Для металлов скорость продольных звуковых волн составляет от 4000 до 7000 м/сек, а поперечных - от 2000 до 3500 м/сек [2]. Основываясь на этом можно сделать вывод, что акустическая волна будет проходить на достаточно большое расстояние за малое количество времени.

Скорость продольной акустической волны в алюминии равна [3]:

$$V_l=\sqrt{\frac{E(1-\sigma)}{\rho_0(1+\sigma)(1-2\sigma)}}$$

; (1)

где E – модуль Юнга;

σ – коэффициент Пуассона;
ρ_0 – плотность твердого тела.
Для алюминия E = $7{,}1\cdot10^{10}$ Н/м^2 = Па;
σ = 0,33;
ρ_0 = $2{,}71\cdot 10^3$ кг/м^3 .

$$V_l=\sqrt{\frac{7{,}1\cdot10^{10}(1-0{,}33)}{2{,}71\cdot10^3(1+0{,}33)(1-2\cdot0{,}33)}}=6{,}23\cdot10^3\,м/с$$

; (2)

Скорость сдвиговой волны [3]:

$$V_l=\sqrt{\frac{\mu}{\rho_0}}$$

; (3)

где μ- модуль сдвига; $\mu=2{,}6\cdot10^{10}\,Па;$

$$V_l=\sqrt{\frac{2{,}6\cdot10^{10}}{2{,}71\cdot10^3}}=3{,}10\cdot10^3\,м/с$$

; (4)

Скорость продольной волны в алюминии равна 6,23 км/с, сдвиговой 3,1 км/с.
Для меди E = $12{,}3\cdot10^{10}$ Н/м^2 = Па;
σ = 0,35;
ρ_0 = $8{,}9\cdot 10^3$ кг/м^3.

$$V_l=\sqrt{\frac{12{,}3\cdot10^{10}(1-0{,}35)}{8{,}9\cdot10^3(1+0{,}35)(1-2\cdot0{,}35)}}=1{,}49\cdot10^3\,м/с$$

; (5)

Скорость сдвиговой волны:

$$V_l=\sqrt{\frac{4{,}55\cdot10^{10}}{8{,}9\cdot10^3}}=2{,}3\cdot10^3\,м/с$$

; (6)

где $\mu=4{,}55\cdot10^{10}$м/с
Скорость продольной волны в меди равна 1,49 км/с, сдвиговой 2,3 км/с.
Скорость продольной упругой волны в алюминиевом стержне рассчитывается по формуле (7) [3]:

$$V_l=\sqrt{\frac{E}{\rho_0}}$$

; (7)

Для алюминия E = $7{,}1\cdot10^{10}$ Н/м^2 = Па,
ρ_0 = $2{,}71\cdot 10^3$ кг/м^3.

$$V_l=\sqrt{\frac{7{,}1\cdot10^{10}}{2{,}71\cdot10^3}}=5{,}12\cdot10^3\,м/с$$

; (8)

Рассчитаем время распространения акустической волны в стержне длинной 5 м:

$$t=\frac{L}{V_l}=\frac{5}{5{,}12\cdot10^3}=0{,}97\,мс$$

; (9)

Так как скорость распространения акустической волны не зависит от частоты, время пробега алюминиевого стержня длинной 5 м составит 0,97 мс.

Скорость продольной упругой волны в медном стержне, м/с:

Для меди E = $12{,}3 \cdot 10^{10}$ Н/м^2 = Па,

$\rho_0 =$ $8{,}9 \cdot 10^3$ кг/м^3.

$$V_l = \sqrt{\frac{12{,}3 \cdot 10^{10}}{8{,}9 \cdot 10^3}} = 1{,}17 \cdot 10^3 \, м/с$$

; (10)

$$t = \frac{L}{V_l} = \frac{5}{1{,}17 \cdot 10^3} = 4{,}27 \, мс$$

; (11)

Время пробега медного стержня длинной 5 м составит 4,27 мс.

Реализация способа идентификации

Для реализации данного способа идентификации предлагается использование ультразвуковых волн которые будут воздействовать на проводник вызывая в нем колебания. Интенсивные колебания можно получить с помощью твердого стержневого концентратора в звуковом и ближнем ультразвуковом диапазоне частот**. Концентраторы-** передают сформированные колебания от ультразвуковых преобразователей к источникам.

На сегодняшний день существует несколько видов концентраторов. Они различаются коэффициентом трансформации, прочностью, способами расчета и сложностью изготовления. В данном способе предполагается использовать ступенчато-экспоненциальный концентратор. Данный концентратор дает максимальный коэффициент трансформации при малых нагрузках, прост в изготовлении и расчете.

Разрабатываемое устройство состоит из двух частей. Функциональная схема устройства изображена на рис. 1. Первая часть - ультразвуковой генератор с концентратором, который будет подключаться зажимами в начало проводника. Зажимы подключаются непосредственно на изоляцию проводника и будут выполнены в виде зажимов "крокодил". Размеры зажимов необходимо учесть согласно сечению проводов. Вторая часть - прибор принимающий звуковой сигнал, состоящий из приемника звукового сигнала, индикатора уровня сигнала и усилителя для динамика или наушников (для работы в условиях повышенного шума).

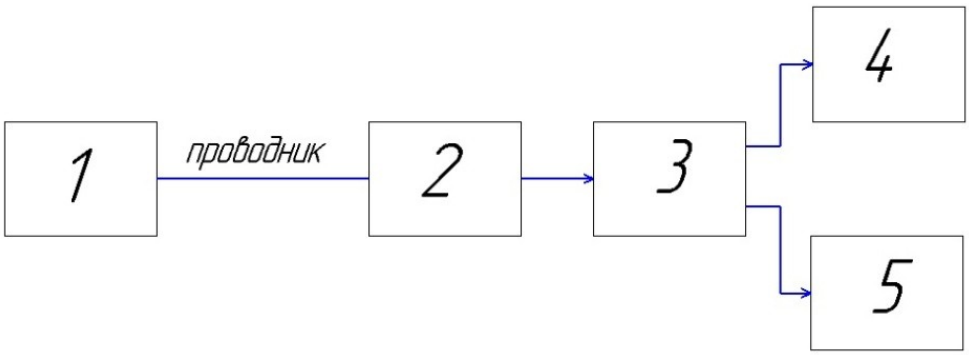


Рисунок 1- Функциональная схема прибора

1- прибор генерирующий звуковой сигнал, 2- приемник звукового сигнала, 3- индикатор уровня сигнала, 4- динамик, 5- наушники.

Заключение

1. По результатам выполненых теоритических расчетов видно, что в медном и алюминиевом стержне акустическая волна проходит большое расстояние за малое колличество времени, а именно в медном стержне длинной 5 м волна проходит за 4,27 мс, а алюминиевом за 0,97 мс.

2. Скорость продольной волны в алюминии равна 6230 м/с, сдвиговой 3100 м/с, в меди соответственно 1490 м/с и 2300 м/с.Это свидетельствует о возможности реализации данного способа.

3. Для реализации метода было выбрано ультразвуковое устройство воздействующие на проводник высокочастотный звуком, неслишимым для человеческого уха.

4. Ультразвуковое устройство вызывает в проводнике механические и акустические колебания, которые считываются с выбранного проводника пьезодатчиком с усилителем.

Библиографический список:

1. Букреев А.В., Анализ существующих способов и средств идентификации проводов и кабелей. Их недостатки., ВО Орловский ГАУ, 2015.
2. Чуфаров И.Ю., Букреев А.В., Структурная схема прибора для идентификации проводников «Идент-1», ВО Орловский ГАУ, 2015.
3. Соловьянова И.П., Шабунин С.Н., Теория волновых процессов. Акустические волны: Учебное пособие, Екатеринбург, 2004.-145с.
4. Интернет-ресурс. Режим доступа: http://ультразвук.net/book/export/html/906

Букреев Алексей Валерьевич
Bukreev Aleksey Valerevich
магистрант 2 курса Орловского государственного аграрного университета им. Н.В Парахина.
E-mail: alexziend@gmail.com

УДК 621.377.624.2

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ. ИХ НЕДОСТАТКИ.

ANALYSIS OF EXISTING METHODS AND MEANS OF IDENTIFICATION OF WIRES AND CABLES. THEIR DISADVANTAGES.

Аннотация: В данной статье выполнен анализ существующих способов идентификации проводов и кабелей.

Abstract: In this article, the analysis of existing methods of identifying wires and cables.

Ключевые слова: идентификация, провода, кабели.

Keywords: identification, wires, cables.

В различных областях, где используются провода и кабели возникает проблема идентификации проводников надежным и точным способом. Что не всегда является возможным из-за ряда различных факторов.

В настоящее время существует множество различных способов идентификации проводов и кабелей.

Самым простым способом является визуальный контакт с проводом или кабелем по всей его длине. Данный метод не всегда возможен, так как в большинстве случаев используется скрытая проводка. Данный способ является источником ошибок если используется большое количество кабелей.

Следующий способ заключается в маркировке тонких жил и проводов на обоих концах при помощи флажков (маркеров)(рис. 1). Для этого способа применяют длинные этикетки на которые пишется номер или другая информация. При использовании данного способа может произойти ошибка при маркировке, что приведет к плохим последствиям.

Рисунок 1- Маркировка проводов и кабелей

Возможно различение проводов и кабелей по цветовой изоляционной оболочке жил проводов (рис.2). Для идентификации проводников применяют черный, коричневый, красный, оранжевый, желтый, зеленый, светло-синий, фиолетовый, серый, белый, розовый, бирюзовый цвета. Цветовая идентификация должна быть выполнена на концах и желательно по всей длине проводника или посредством цвета изоляции, или посредством цветных меток, за исключением неизолированных проводников, где цветовая идентификация должна быть выполнена на концах и в точках соединений [1:3]. Этот способ не гарантирует от ошибок особенно в случае применения российского кабеля ТПП или отсутствия у монтажника достаточного опыта.

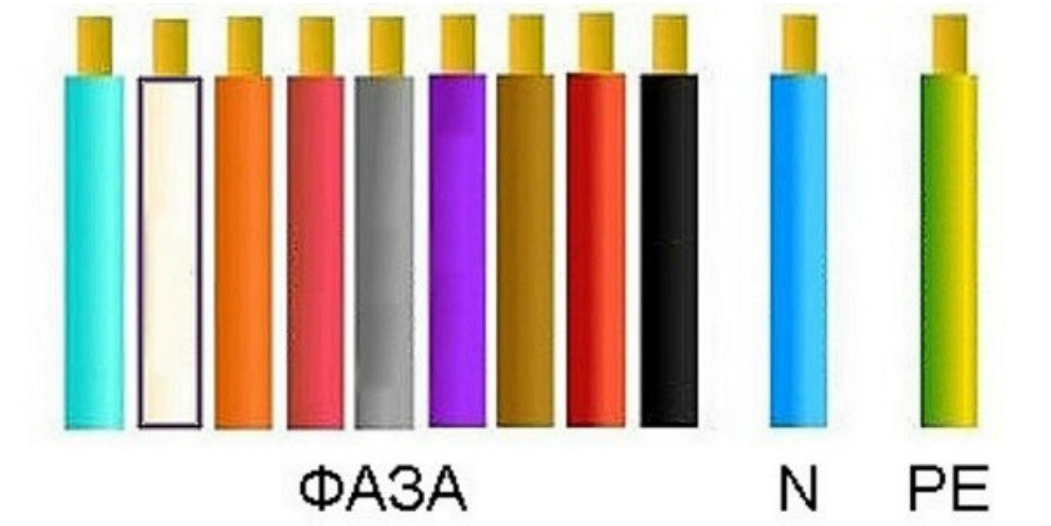


Рисунок 2- Цветовая маркировка жил

Существует такое понятие как "прозвонка" провода или кабеля (рис. 3). С помощью прозвонки так же можно выполнить идентификацию проводников. Самым простым прибором для прозвонки служит мультиметр. Но можно использовать и подручные средства, например простой светодиод и батарейку. Существенным минусом данного способа является возможность идентификации проводки малой протяженности.

Рисунок 3- Прибор для прозвонки кабеля

Также существуют авторские запонтентованные изобретения служащие для этих же целей. Одним из таких изобретений является патент А. Т. Карабельникова. Изобретение относится к контрольно измерительной технике и может использоваться для идентификации проводов и кабелей. Изобретение работает следующим образом:

Для проведения идентификации приготавливают специальный раствор, в котором содержится растворитель, растворяемые вещества и вязкие жидкости, которые при электролизе образуют пузырьки газа. Затем в этот раствор погружают зачищенные с одной стороны концы проводов, а на концы с другой стороны подают постоянное напряжение. По наличию на погруженных в раствор концах проводов пузырьков газа проводят их идентификацию [2].

На сегодняшний день самым удобным устройством идентификации проводников является тональный генератор и индуктивный щуп (пробник). Первый подает в исследуемую линию сигнал. С помощью второго удается проследить прохождение сигнала вдоль кабеля, при этом снимать изоляцию с проводов не требуется. Недостатками данных приборов является высокая стоимость, ненадежное определение проводника при помехах исходящих от современных сетевых устройств.

Рисунок 4- Тональный генератор и индуктивный щуп

Заключение

Подводя итог, следует отметить, что идентификация проводов и кабелей является неотъемлемой частью при монтаже проводки и в дальнейшем при ее обслуживании. В связи с этим возникает необходимость разработки устройства, которое сможет произвести идентификацию при любых факторах и условиях.

Библиографический список:

1. ГОСТ Р 50462-92 (МЭК 446-89) Идентификация проводников по цветам или цифровым обозначениям.

2. Интернет ресурс. Режим доступа: http://www.findpatent.ru/patent/147/1474565.html.

Шыхалиев Керем
азербайджанский университет нефти и промышленности

Kérem shikhaliyev
Azerbaijan university of oil and industry
E-mail: Kerem_shixaliyev@mail.ru

УДК 621.377.624.2

МОДИФИКАЦИЯ] НЕФТЯНОГО ДОРОЖНОГО БИТУМА С ПОЛИМЕРНЫМИ ОТХОДАМИ

Ключевые слова: битум,модификация.переработка нефти,полимерные отходы,отходы резины,отходы полиэтилена,полимер- битумная композиция ,физико-механические свойства, вулканизация.

Keywords: bitumen modification. refining, polymer waste, waste rubber, polyethylene, polymer-bitumen composition, physical-mechanical properties, temperature, razmjagchenijakompozicii, penetration, vulcanization

С течением времени при хранении и в эксплуатационных условиях под действием солнечного света и кислорода воздуха состав и свойства битумов изменяются: в них увеличивается относительное содержание твердых и хрупких составляющих и соответственно уменьшается

количество маслянистых и смолистых фракций, в связи, с чем повышается хрупкость и твердость (процесс старения).

Улучшить свойства битумов возможно путем совмещения их с полимерными добавками. Полимербитумные материалы можно рассматривать как композиты, в которых роль матрицы играет битум, а дисперсной фазой является полимер. При небольших концентрациях полимера композиции можно рассматривать как дисперсно-упрочненные. При этом упрочнение происходит за счет того, что тонкие дисперсные частицы препятствуют распространению трещин в матрице. Такой эффект наблюдается при содержании дисперсной фазы в размере 2-4% по объему. При большей концентрации полимера в битуме композиции можно рассматривать как волокнистые или смолистые. Матрица превращается в среду, передающую нагрузку на волокна, а в случае их разрушения перераспределяет напряжения. Такие композиции характеризуются повышенной прочностью, эластичностью и сопротивлением усталостному разрушению, что особенно необходимо для обеспечения эксплуатационной надежности материала, например, полимербитумные композиции модифицированные бутилкаучуком и полиэтиленом.

Полимербитумные связующие используются при изготовлении мастик, герметиков, рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов, а также гидротехнического асфальтополимербетона.

В асфальтополимербетоне в качестве полимерных добавок можно использовать различные каучуки. Такие бетоны применяются при устройстве противофильтрационных экранов на химических предприятиях и тепловых электростанциях.

В настоящее время освоено производство рулонных кровельных и гидроизоляционных полимербитумных материалов.

Из целого ряда публикаций известно, что в течение длительного периода времени предпринимались многочисленные попытки утилизировать резину путём введения её в битумы и асфальты в надежде улучшить их свойства. В основном разрабатывались два направления [1-2].

Были разработаны многочисленные методы и технологические схемы, так называемого, «сухого» введения частиц резины в асфальтобетонные смеси при их изготовлении, прямого использования резиновой крошки как наполнителя в дорожно-строительных материалах, в асфальтобетонных покрытиях. Считается, что это наиболее простая и низкозатратная схема использования утильной резины [3-6] .

В различных странах и регионах были построены экспериментальные участки дорог и аэродромов. Вначале они показывали достаточно высокие характеристики, но затем, при постепенном набухании резиновой крошки, покрытия разуплотнялись и разрушались. Ничем не связанная резиновая крошка выкрашивалась из покрытий и практически в неизменном виде разносилась ветром загрязняя окрестности.

Некоторое применение «сухой» метод нашел в производстве асфальтобетонов для нижних слоёв и слоёв оснований, где проблема разуплотнения и выкрашивания резины решалась за счёт перекрытия верхними плотными слоями. В литых асфальтобетонных смесях «сухое» введение резиновых частиц также оказалось, возможно, без явных отрицательных последствий. Однако, в данном случае говорить об осуществлении действительно «сухого» введения резины не представляется возможным [7]

В нашей стране исследования по введению резиновой крошки в дорожный битум и битумоминеральные смеси проводились на кафедре «Технология Высокомолекулярных соединений» Азербайджанской Государственной Нефтяной Академии.

Последующий анализ полученного опыта применения резиновой крошки при приготовлении асфальтобетонных смесей выявил неудовлетворительные физико-механические характеристики, в том числе и недостаточную адгезию вяжущего, по сравнению со смесями, выпущенными в соответствии нормами ГОСТ 9128, что приводило к затруднениям при укладке и самопроизвольному разуплотнению и разрушению уложенных верхних слоёв покрытий.

Применение резиновой крошки с размерами частиц 2-8 мм в асфальтобетонных смесях приводило к снижению срока службы асфальтобетонных покрытий из-за «невозможности формирования однородного материала, способного к восприятию нагрузок», хотя при этом в начальный период эксплуатации таких покрытий (непосредственно после укладки) отмечалась повышенная трещиностойкость и большая деформативность, водостойкость, снижение уровня шума

и вибрации, уменьшение случаев образования ледяной корки, повышения сцепления, сокращение тормозного пути автомобиля.

Все последующие попытки применения «мокрого» метода совмещения битумов с резиной являлись развитием метода Asphalt Rubber. К сожалению, отечественные дорожники не располагают необходимым оборудованием для повторения технологии Asphalt Rubber. Но самое главное, отсутствуют отечественные битумы, подходящие по своему химическому составу и свойствами для использования в составе Asphalt Rubber. За рубежом битумы необходимого химического качества, как целевые продукты, получают методами низкотемпературной вакуумной отгонки практически из исходной нефти [8].

ГЛАВА I. ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ БИТУМОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРАМИ

1.1 Модификации дорожных нефтяных битумов с полимерами

Нефтяные битумы находят широкое применение в дорожном и гражданском строительстве, благодаря высокой пластичности, способности выдерживать без разрушений воздействие низких температур, температурных перепадов, различных деформационных нагрузок [9-10] .

Основным потребителем нефтяных битумов является дорожное строительство, в настоящее время до 90% производимого во всем мире объема товарных битумов потребляется дорожной отраслью. Специалисты разных государств сходятся во мнении, что нефтяной битум является самым дешевым и наиболее универсальным материалом для применения в качестве вяжущего при устройстве дорожных покрытий [11-12].

Необходимо отметить тот факт, что дорожные битумы российского и зарубежного производства принципиально различаются по качеству, что предопределено различием нормативных требований к этому виду товарной продукции в нашей стране и за рубежом. Практика дорожного строительства в Азербайджане, состояние дорог даже республиканского значения опровергает мнение о безукоризненности существующих требований к дорожным битумам, сформулированных в ГОСТ 22245 [13].

Использование битумов зарубежного производства и битума дорожного улучшенного марки **Баку 85/25** в составе асфальтобетонных смесей взамен битума дорожного вязкого марки БНД (ГОСТ 22245-90) обеспечило возможность заказчику требовать, а подрядным организациям города Баку принимать на себя гарантийные обязательства на устроенные верхние слои дорожных одежд сроком до 5–7 лет. Более высокая эксплуатационная надежность асфальтобетонов, изготовленных с применением вышеуказанных марок битума, обусловлена оптимальным комплексом реологических свойств последнего. Это достигается регламентацией зарубежными стандартами требований к таким показателям качества битумов, как кинематическая вязкость при 135°С, динамическая вязкость при 60°С, и установлением пределов изменения глубины проникания иглы, растяжимости при 25°С, динамической вязкости при 60°С в процессе испытания битума на термостабильность по методике **ASTM D 1754** (или ASTM D 2872), имитирующей условия воздействия на битумную пленку кислорода воздуха при повышенной температуре в асфальтосмесителе при изготовлении горячих асфальтобетонных смесей. Анализ результатов испытания (в том числе и по методикам ASTM) битумов дорожных российского производства (таблица 1.1) показывает, что при идентичности значений показателя глубины проникания иглы при 25°С и других битумы, изготовленные из остатков переработки разных по химическому составу нефти, принципиально различаются по вязкости. При работе в составе дорожного асфальтобетона наиболее устойчивым к воздействию сдвиговых усилий в теплое время года оказывается битум марки БНД 60/90, характеризующийся более высокой динамической вязкостью при 60°С. Однако, трещиностойкость асфальтобетонных покрытий при прочих равных условиях зависит от способности битума выдерживать без разрушения растягивающие усилия [14-15].

Битумы дорожные разных марок характеризуются разным уровнем значений показателя растяжимости при 25°С: для битума дорожного вязкого растяжимость при 25°С, как правило, низкая (менее 100 см). В условиях испытания на термостабильность по методике ASTM D1754 резко изменяются значения показателей физико-механических свойств, в том числе и обусловливающих работоспособность нефтяного вяжущего. В результате наименьшей растяжимостью характеризуется битум дорожный вязкий БНД 60/90, что обусловливает и более низкую трещиностойкость

асфальтобетона, изготовленного с использованием битума этой марки, особенно при переходах температуры через 0°С

Таблица 1.1

Основные показатели битумов российского производства

Наименование показателей	БДУ70/100 ТУ38.1011356-91	БДУС 70/100 ТУ 0256-096-00151807-97	БДН 60/90 ГОСТ 22245-90
Глубина проникания иглы при 25°С, 0,1 мкм	90	89	89
Температура хрупкости, °С	-20	-19	-22
Растяжимость при 25°С, см	>150	>150	79
Температура размягчения, °С	47	46	47
Температура вспышки, °С	284	290	247
Кинематическая вязкость при 135°С, сСт	420	239	274
Динамическая вязкость при 60°С, Па с	209	87	375
После испытания по методике ASTM D 1754			
Изменение массы после прогрева, % масс	0,09	0,18	0,92
Остаточная пенетрация, в % от исходного значения	74	69	64
Температура размягчения, °С	49	50	51
Растяжимость при 25°С, см	>150	125	38
Кинематическая вязкость при 135°С, сСт	520	320	366
Динамическая вязкость при 60°С, Па с	436	169	972

В химических процессах, протекающих при высокой температуре в присутствии кислорода воздуха, наиболее активно участвуют соединения, входящие в состав битума марки БНД 60/90, о чем свидетельствует значительная потеря массы образца при испытании по методике ASTM D 1754. Известно, что при смешении с минеральным материалом битум переводится в пленочное состояние, причем толщина пленки в зависимости от фракционного состава асфальтобетонной смеси достигает 5–15 мкм.

Фактически 1 *т* битума распределяется по поверхности, равной 10 000 м^2. Следовательно, в асфальтосмесителе создаются все условия для окисления битума и удаления летучих компонентов, т. е. для химического старения битума. С повышением температуры скорость реакции окисления соединений, входящих в состав битума, возрастает. По данным фирмы «SHELL» (рис.1.1), интенсивность процесса старения битума на стадии приготовления асфальтобетонных смесей намного выше, чем при транспортировке и эксплуатации.

Изменение индекса старения битума вовремя смешения с минеральным материалом приизготовлении горячих асфальтобетонных смесей, при хранении и транспортировке, при работе в составе дорожного асфальтобетона

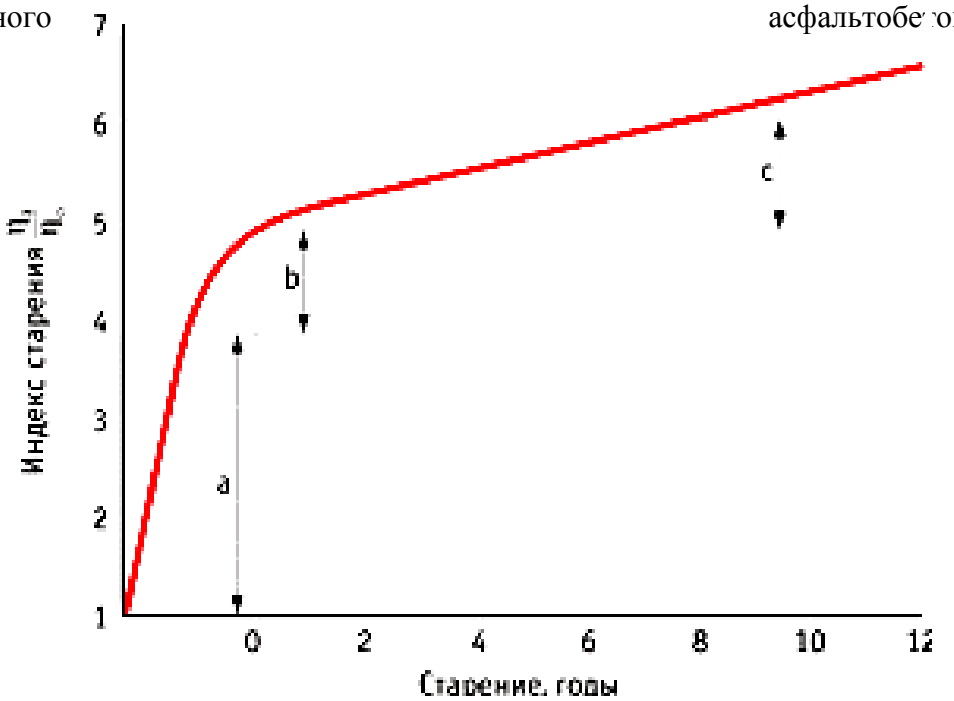


Рис. 1. a–при изготовлении асфальтобетонной смеси; b – при хранении, транспортировке и укладке; c – за 8 лет работы в составе асфальтобетонного покрытия

В последние годы разработана и внедрена в практику дорожного строительства на основе битумов улучшенного качества новых материалов, способных обеспечивать более высокую прочность, долговечность дорожных покрытий, по сравнению с потенциальными возможностями нефтяных битумов. [17-18]

По данным EAPA (таблица 1.2), доля модифицированных битумов от общего объема битумов, используемых для строительства и ремонта дорожных покрытий, в разных странах различна. Следует отметить рост потребления этого вида материалов к 2001 г., по сравнению с 1995 г.

Рост объемов потребления дорожной отраслью полимеров типа СБС обусловлен их способностью не только, повышать прочность битума, но и придавать полимерно-битумной композиции эластичность – свойство, присущее полимерам, причем при небольшой концентрации (3–5% от массы битума). Использование в рецептуре асфальтобетонной смеси битума, модифицированного полимером типа СБС, обеспечивает дорожному покрытию способность к быстрому снятию напряжений, возникающих в покрытии под воздействием движущегося транспорта. В настоящее время за рубежом композиции битума с разным содержанием полимера типа СБС находят широкое применение для устройства дорожных одежд на искусственных сооружениях (мостах, дорожных развязках и пр.) и, как показывает опыт, обеспечивают длительные сроки работы покрытий, несмотря на особо сложные условия их эксплуатации.

Таблица 1.2

Доля модифицированных битумов в общем объеме дорожных битумов, используемых для строительства и ремонта дорожных покрытий в Европе по данным EAPA

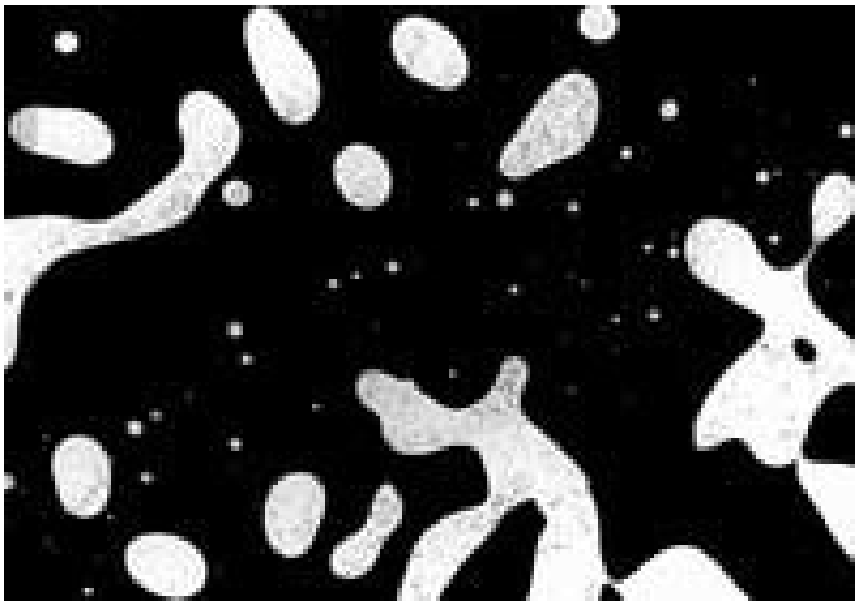
Страна	Модифицированные битумы, %						
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Австрия	8	8	8	8	-	11	-
Бельгия	3	7	13	12	16	15	18
Чехия	11	16	15	17	16	13	18
Дания	5	5	5	5	5	5	5
Финляндия	1	1	1	1	1	1	1
Франция	10	10	10	10	10	10	<10
Испания	5	4	8	5	-	-	-
Голландия	7	7	6	6	7	7	7
Ирландия	3	5	5	7	7	8	10
Германия	7	8	8	9	8	-	14
Норвегия	2	2	1	2	<1	<1	3
Польша	7	-	6	7	6	6	6
Португалия	1	1	2	1	0	3	11
Словакия	-	13	12	-	-	-	20
Словения	3	5	6	7	9	8	9
Швейцария	5	5	-	5	-	-	-
Швеция	2	2	3	2	3	3	2
Венгрия	4	3	4	4	1	1	10

Великобритания	4	-	4	4	-	-	5
Италия	3	4	5	6	7	7	7
Япония	5	5	4-5	-	-	-	-

Кроме того, на основе полимеров типа СБС изготавливаются битумные мастики для разных видов дорожных ремонтных работ (заливки деформационных швов на мостах, трещин на асфальтобетонных покрытиях и др.), а также для герметизации площадок, предназначенных для сбора бытовых и др. отходов. Применению битумов, модифицированных полимером, предшествует в каждом конкретном случае технико-экономическое обоснование, поскольку стоимость модифицированного битума намного превосходит стоимость битум

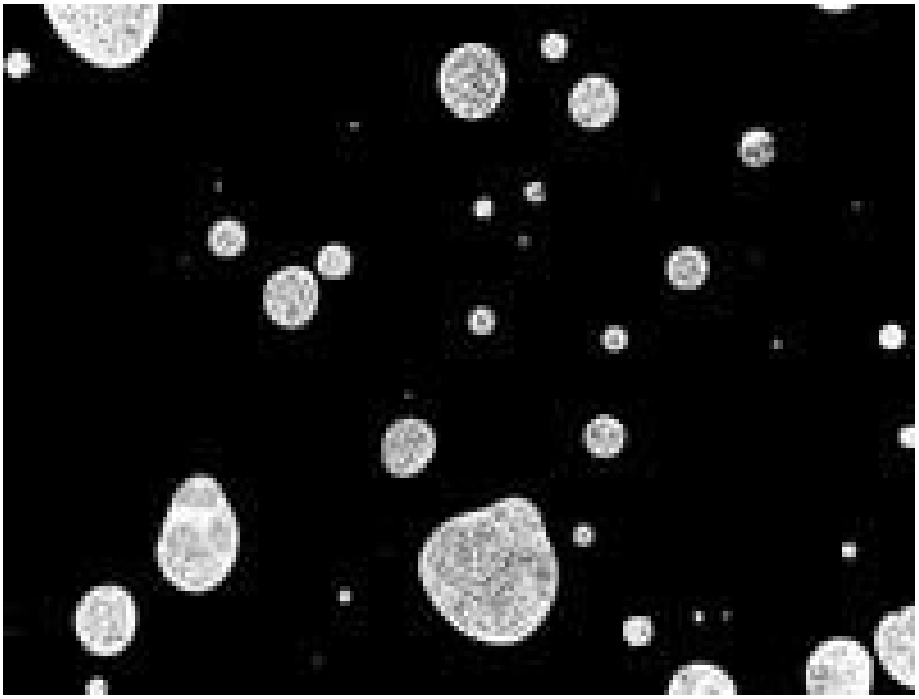
Известно, что степень дисперсности таких систем при прочих равных условиях определяется соотношением вязкости компонентов, а также взаимной растворимостью. В случае термодинамически несовместимых (нерастворимых или частично растворимых) компонентов предельный размер частиц в смеси зависит только от соотношения вязкостей и условий перемешивания, а смесь при повышенной температуре представляет собой эмульсию (рис.1.3).

Рис. 1.3 Микроструктура композиций битума с 1% масс СКЭПТ-Э-30 при 200 и 25°С



При приложении нагрузки к таким системам происходит деформация (вытягивание) капель полимера в массе битума по направлению действия силы, и в зависимости от молекулярной массы, пластичности полимера разрушение, дробление их на капли или вытягивание в нити (рис.1.4). Низкая вязкость полимера способствует лучшему диспергированию его в битуме. При повышении содержания полимера размер капель в массе битума возрастает, т. к. растет вероятность их коалесценсии (слияния), приводящей к обращению фаз в системе. Так, **этиленпропиленовый каучук СКЭПТ-Э-30** образует непрерывную фазу в битуме при введении в количестве не менее 9% масс (рис.1.5).

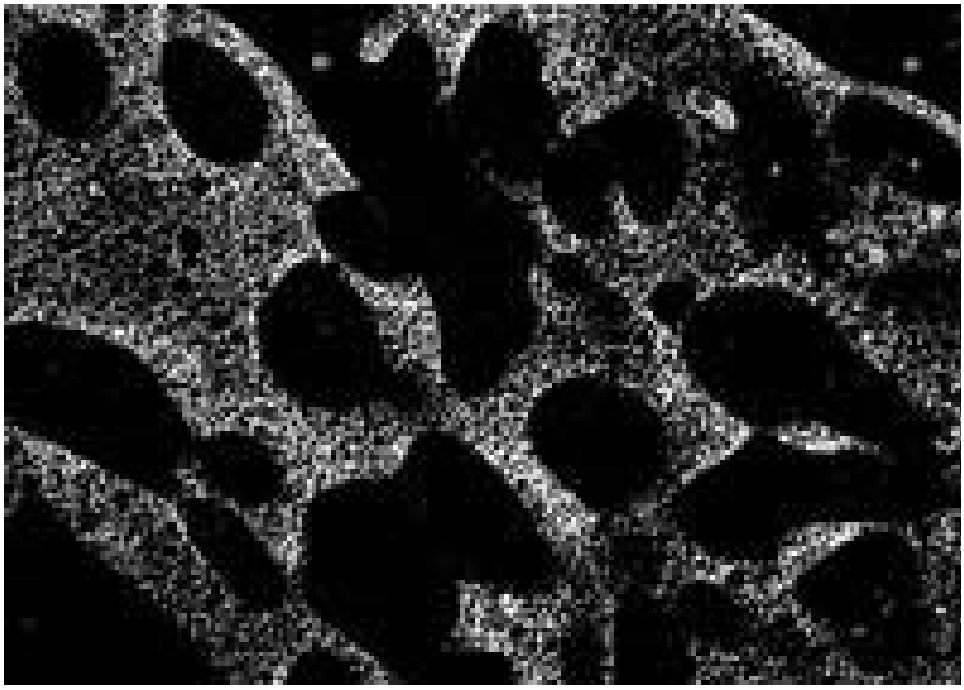
Рис. 1.4 Микроструктура композиций битума с 5% масс СКЭПТ-Э-30 при 200 и 25°С



Для взаимно растворимых компонентов степень дисперсности системы дополнительно возрастает за счет взаимодействия компонентов на границе раздела фаз. К таким полимерам относятся блоксополимеры типа СБС: **KRATON D, ДСТ-30**. Наличие в структуре стирол-бутадиен-стирольного полимера ароматических блоков обусловливает его сродство с нефтяным битумом, содержащим значительное количество ароматических соединений.Рис. 1.4 – 1.6.

Таким образом, процесс смешения при высокой температуре битума с полимерами любой химической природы протекает в две стадии: эмульгирование размягченного полимера в жидком битуме и последующее частичное (набухание) или полное растворение. Глубина процесса диспергирования полимера в битуме при прочих равных условиях определяется химической природой и молекулярной массой полимера, химическим составом битума, а также соотношением компонентов в смеси [28-33].

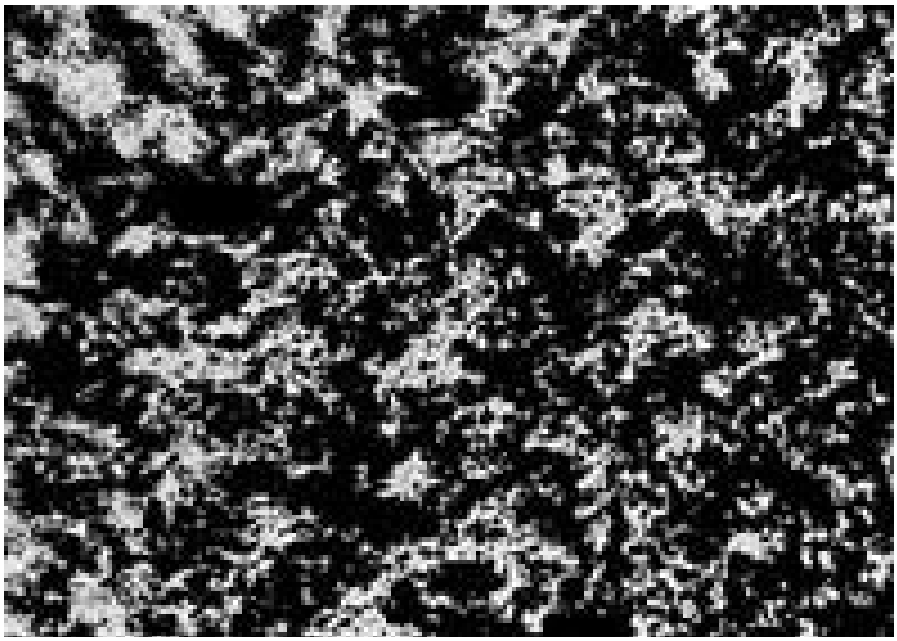
Рис. 1.5 Микроструктура композиций битума с 20% масс СКЭПТ-Э-30 при 200 и 25°С



На практике для модификации свойств дорожных битумов должны использоваться полимеры, априори способные совмещаться с нефтяным битумом при повышенной температуре за минимальный период времени. Фирма **KRATON,** например, специализирующаяся на производстве полимеров типа СБС, рекомендует для этих целей несколько марок: **KRATON D1101, KRATON D1192, KRATON D1116** и др. [34-38].

Структура битумов, модифицированных рассмотренными выше видами полимеров, созданная при технологической температуре, как правило, сохраняется и после охлаждения. Это обусловлено резким увеличением вязкости приготовленного полимерно-битумного материала при понижении температуры, препятствующим расслоению дисперсной системы. Следовательно, понятие «совместимость полимеров с битумами» включает две составные части: термодинамическую совместимость компонентов, а также совместимость на уровне двухфазных структур.

Рис. 1.6 Микроструктура композиции битума с 10% масс ДСТ-30 при 25°С



Качество битума не оказывает существенного влияния на характер модифицирующего действия полимеров, который обусловлен, преимущественно, химической природой полимера. Однако химический состав и структура битума влияют на совместимость с полимерами и свойства конечного продукта. С

повышением степени окисленности битума совместимость его с полимерами любого химического строения и молекулярной массы ухудшается, что обусловлено увеличением содержания в битуме асфальтенов и высокомолекулярных смол, снижением количества масел и низкомолекулярных смол, которые принимают непосредственное участие в процессе растворения полимеров. Использование в качестве исходного сырья для приготовления полимерно-битумных композиций битумов, обогащенных ароматическими соединениями, благоприятствует совместимости компонентов, что согласуется с известными положениями теории физической химии полимеров и обусловлено лучшей растворимостью полимеров в ароматических соединениях [39-40].

Для придания битуму, модифицированному полимером, способности выдерживать без разрушения растягивающие усилия в реальных условиях эксплуатации дорожных покрытий в качестве исходного сырья для приготовления полимерно-битумной композиции следует применять битумы, характеризующиеся высоким уровнем значений показателя растяжимости при 25°С (более 100 см) как до, так и после смешения с минеральным материалом [41-42].

За счет лучшей растворимости в массе битума дорожного улучшенного марки БДУ полимер типа СБС способен в несколько большей степени реализовывать присущую ему эластичность. Этим же объясняется и более высокая вязкость композиции полимера с битумом, полученным из остатков переработки тяжелой ярегской нефти [43-46].

Таблица 1.3

Свойства композиций битумов разной химической природы, приготовленных с использованием полимера KRATON D 1101 (5% масс)

Наименование показателей	Свойства модифицированных битумов, изготовленных на:	
	БДУ 70/100	БДУС 70.100
Глубина проникания иглы, мм 10-1, при 25°С	57	54
Глубина проникания иглы, мм 10-1, при 0 °С	29	27
Температура размягчения, °С	82	86
Растяжимость при 25 °С, см	94	60
Растяжимость при 0 °С, см	48	28
Эластичность при 25 °С, % , через 3 мин. После разрыва	77	60
Эластичность при 25 °С, % , по п. 7.2.2 ОСТ 218.010*	89	89
Кинематическая вязкость при 135 °С, Сст	1710	1588
Однородность	-	-
Температура хрупкости, °С	-27	-27
Температура вспышки, °С	286	275
Сцепление с гранитом	-	-
Сцепление с габбродиабазом	-	-
Стабильность температуры размягчения, °С	15	29
После испытания по методике ASTM D 2872		
Остаточная пенетрация, % от исходного значения	82	83
Растяжимость при 25 °С, см	84	52
Эластичность при 25 °С, % ,через 3 мин. После разрыва	67	51

Для обеспечения заданного качества товарной продукции, достижения максимальной эффективности от ее использования в дорожном строительстве нормативные требования к битумам, модифицированным полимерами, обязательно должны предусматривать контроль не только за однородностью свежеприготовленной композиции, но и за устойчивостью к расслаиванию при повышенной температуре. Учитывая тот факт, что полностью предотвратить расслоение композиции битума с полимером типа СБС на стадии хранения при повышенной температуре невозможно,

необходимо лимитировать длительность хранения, а также осуществлять механическое перемешивание массы изготовленной товарной продукции на стадии хранения [47-54].

Следовательно, получение при повышенной температуре гомогенной массы на основе нефтяного битума и минерального масла само по себе представляет непростую технологическую задачу. Использование полимерно-масляных концентратов в качестве исходного компонента для приготовления модифицированного битума не упрощает процесс получения материала с заданным комплексом физико-механических свойств, в том числе и по причине переменного (от партии к партии) качества исходного битума, поступающего на предприятия дорожной отрасли нашей страны [55-57]. При выборе промышленной установки по производству полимерно-битумных вяжущих следует руководствоваться не только соображениями ценовой политики, но и техническими, технологическими возможностями установки, которые должны обеспечивать минимальное влияние на качество товарной продукции известных факторов риска. [57-60].

1.2 Состояние и перспективы использования резиносодержащих отходов в битумно-резиновых композициях

В патентах [43-47] были рассмотрены вопросы, связанные с переработкой отходов шинной резины, с использованием в этой связи метода высокотемпературного сдвигового измельчения и с получением из отходов резины активного дискретно девулканизованного порошка. Данная статья посвящена, главным образом, рассмотрению существующих в настоящее время технологических линий по переработке изношенных авиа- и автопокрышек, а также применению резинового порошка и активного порошка дискретно-девулканизованной шинной резины в дорожном строительстве, в резинотехнической промышленности и т.д. Специфика переработки изношенных покрышек определяется тем, что они содержат элементы, выполненные из разных типов резины, и, наряду с этим, значительное количество металлической проволоки (до 15 вес.%) и синтетического корда (до 15 вес.%). Поэтому в целях эффективной утилизации покрышек приходится, прежде всего, тщательно отделять резину от синтетического корда и металлокорда. Например, при получении вторичных резин с использованием отходов шинной резины содержание металлических частиц не должно превышать во вторичном продукте 0,01-0,03 вес.%. Возможно, что в будущем будут разработаны также методы разделения шинных отходов по сортам резин с целью их индивидуального вторичного использования. Однако, сейчас в этом направлении проводятся только поисковые исследования. В настоящее время в мире используется значительное количество различных технологических линий по переработке изношенных покрышек.

В настоящее время в Азербайджане накопилось большое количество резиносодержащих отходов (РСО), в основном – изношенных автошин, которые не находят широкого промышленного применения несмотря на то, что в их составе находятся такие полезные продукты как каучук, техуглерод, полиамидные волокна, металл и др. [61].

Наибольшее распространение в производстве строительных материалов получили РСО, предварительно переработанные в резиновую крошку (РК).

Высокоэффективная технология переработки изношенных автошин в РК разработана на кафедре ТВМС. Технология предусматривает разделку автошин, удаление металлокорда, измельчение резины, сепарирование РК и удаление текстильного корда.

В процессе переработки автошин образуются следующие продукты:

- крупная РК, фракцией 1…20 мм;
- мелкая РК, фракцией до 1 мм;
- металлокорд;
- кордные отходы – текстильные волокна с неотделенной от них РК.

Крупная РК используется в качестве заполнителя при изготовлении асфальтобетонных смесей. При этом улучшаются эксплуатационные характеристики дорожного покрытия, но возрастает его стоимость.

Мелкая РК используется для приготовления регенерата резины, а также в промышленности строительных материалов для получения резинобитумного вяжущего (РБВ) при производстве аэродромной мастики, изола, фольгоизола, и других битуминозных материалов. РБВ готовят путем термомеханической обработки смеси битума с РК и наполнителем. В процессе такой обработки происходит девулканизация каучука, содержащегося в резине, и модификация им битума. Для

приготовления РБВ используются низкоскоростные аппараты, обеспечивающие высокие напряжения сдвига в резине (резиносмесители, смесители с Z-образными лопастями, двухшнековые смесители, вальцы). Аппараты эти отличаются большой энергоемкостью, малой производительностью и высокой стоимостью, что сдерживает широкое использование РК в промышленности строительных материалов.

В последнее время при производстве битуминозных кровельных материалов и асфальтобетонных смесей начали широко применять битумы, модифицированные каучуками или другими полимерами. Модифицированные битумы улучшают эксплуатационные свойства изготавливаемых из них материалов, увеличивая срок их службы в несколько раз.

Для приготовления модифицированных битумов с использованием каучуков или каучукосодержащих материалов используются высокопроизводительные аппараты, в которых большие напряжения сдвига в смеси создаются за счет высокой скорости вращения рабочего органа (скоростные объемные смесители, гомогенизаторы, дезинтеграторы, дисковые мельницы).

Металлокорд, удаляемый из автошин при переработке, реализуется в качестве металлолома.

Неиспользуемая в процессе модификации битума крупная РК и куски резины размером до 100 мм могут подвергаться пиролизу – нагреву до температуры 250…1000°С без доступа воздуха или при недостатке его. В результате пиролиза резины получают нижеследующие продукты:

- твердый продукт, содержащий до 85% техуглерода;
- жидкие продукты, включающие легкую фракцию, отобранную при температуре до200°С и тяжелую фракцию, отобранную при температуре выше 200°С;
- горючий газ.

Тонкоизмельченный твердый продукт с успехом может быть использован при приготовлении РБВ в качестве наполнителя, а тяжелая фракция пиролизата – в качестве пластификатора.

Легкая фракция пиролизата, состоящая из олефинов и диенов, является ценным химическим сырьем и может использоваться в качестве топлива.

Газ, образуемый в процессе пиролиза, используется, как правило, в качестве топлива при нагреве РСО. В 1986г. «ВНИИкровлей» совместно с Одесским филиалом института (сейчас ОП «Стромпроект») получено РБВ для фольгоизола, в состав которого, кроме битума и РК фракцией до 1 мм, входили продукты пиролиза РСО, полученные на опытно-промышленной установке Ярославского шинного завода, а именно: диспергированный техуглерод и пиролизная смола – тяжелая фракция жидкого продукта. В результате перемешивания вышеуказанных компонентов в высокооборотном вихревом диспергаторе получено антисептированное РБВ со следующими показателями: температура размягчения по КиШ - 120°С, пенетрация при 25°С – 55 мм$^{-1}$, температура хрупкости по Фраасу - минус 45°С, прочность сцепления с бетоном – 0,35 МПа, а с металлом – 0,25 МПа, водопоглащение – 0,7%. Сравнивая эти показатели с показателями РБВ, полученного с использованием традиционных пластификаторов и наполнителей, можно заметить, что введение продуктов пиролиза (пиролизной смолы и техуглерода) в состав РБВ повышает его морозостойкость и адгезию к бетону (металлу) и снижает водопоглащение. Все резинобитумные материалы на основе продуктов пиролиза характеризуются био- и химической стойкостью.

Приведенные выше показатели РБВ не уступают показателям полимер-битумного вяжущего для еврорубероида, приготовленного с использованием в качестве модификатора дорогостоящих термопластичных каучуков СБС (стирол-бутадиен-стирол).

Из вышеизложенного следует, что РСО могут быть использованы для производства таких битуминозных материалов как: модифицированные дорожные битумы, приклеивающие и гидроизоляционные мастики, герметики, а также РБВ для аэродромного строительства и для изготовления изола, фольгоизола и материалов типа еврорубероид. Технологиями производства этих материалов владеет ОП «Стромпроект».

Целесообразно объединить в единый технологический комплекс переработку РСО с производством битуминозных строительных материалов (мягкая кровля, мастики, битумные эмульсии, горячие и холодные асфальтобетоны) – основных потребителей продуктов переработки этих отходов

Таблица 2.4

Физико-механические показатели полученных битумов марки Баку 70/30.

Показатели	Единицы измерения	Баку 70/30
Пенетрация при 25 °С	Мм / 10	21-40
Точка размягчения (кольцо/шарик)	°С	70-80
Растяжимость при 25 °С	См	3
Температура вспышки	°С	240

Спецификация продукта Баку 70/30 в соответствии с ГОСТ 6617-76, продукт BN 70/30, как строительный битум.

Таблица 2.5

Физико-механические показатели битума марки Баку 85/25, как промышленный битум

Показатели	Еденицы измерения	Баку 85/25
Пенетрация при 25 °С	Мм/10	20-30
Точка размягчения (кольцо и шар)	°С	80-90
Растяжимость при 25 °С,	см	2,5
Температура вспышки	°С	246
Предел прочности (по Фраасу)	°С	- 10

2.2 Минеральные и вяжущие материалы для изготовления асфальтобетонных смесей

2.2.1 При изготовлении асфальтобетонных смесей в дорожном и аэродромном строительстве должны применяться минеральные материалы (щебень, гравий, песок), минеральный порошок, битум и ПАВ.

2.2.2 Для дорожного и аэродромного строительства основными источниками минеральных материалов являются: Бахрамтепинское, Бардинское, Мингечаурское, Дяллярское и другие месторождения, при этом Бахрамтепинское месторождение представлено преимущественно смесью разновидностей карбонатов, гранитов и прочих магматических осадочных пород.

2.2.3 Дорожные и аэродромные одежды почти на 95% должны состоять из минеральных материалов, качество которых решающим образом влияют на срок службы этих одежд и определяющим свойством которых является их способность сопротивляться механическим и климатическим воздействиям на них.

2.2.4 Для повышения качества асфальтового бетона необходима физико-механическая активация минеральных порошков, песка и гравийного материала, а также использование в асфальтобетонных смесях дроблёного песка. Дробление плотных горных пород и каменных минеральных материалов обеспечивают получение частиц разных размеров и форм, позволяющих разделять их на фракции от 0,09 до 2 мм (песок)и от 2 до 56 мм (щебень), а также увеличивать удельную поверхность измельчаемого материала.

2.3. ЩЕБЕНЬ И ГРАВИЙ

2.3.1. Для асфальтобетонных смесей следует применять щебень, получаемый дроблением плотных горных пород валунного камня, а также щебень из гравия. Щебень должен быть прочным и кубовидной формы, что предопределяет уменьшение его дробимости при уплотнении и износ при эксплуатации.

2.3.2. Щебень для покрытий и оснований из асфальтобетонных смесей должен соответствовать требованиям таблицы

Таблица 2.7

Требования к щебню для асфальтобетонных смесей

Наименование показателя	Асфальтобетонные смеси для категории					
	Верхний слой		Нижний слой покрытия		Слой основания	
	Iа и Iб	II -	Iа и Iб	II -	Iа и Iб	II -
Прочность щебня из изверженных и	1200	1000	800	600	600	600

метаморфических горных пород по дробимости, не ниже кг/см^2						
Прочность щебня из осадочных карбонатных горных пород, не ниже кг/см^2	1000	800	600	400	400	400
Марка щебня из гравия, дробимостью не выше	Др-8	Др-8	Др-12	Др-16	Др-16	Др-24
Марка по истираемости, не ниже: а) щебень из изверженных и метаморфических горных пород	И I	И II	И II	И III	Не нормируется	
б) щебень из осадочных карбонатных горных пород	И I	И II	И II	И III	Не нормируется	
в) щебень из гравия	И I	И II	И III	И II	Не нормируется	
Содержание дробленных зёрен в щебне из гравия, % по массе	100	80	80	70	0	50
Количество циклов при испытании на морозостойкость для зон температурного режима дорог: а) I зона температурного режима дорог б) II-III зоны температурного режима дорог	Мрз 25 Мрз 50	Мрз 25 Мрз 50	Мрз 15 Мрз 25	Мрз15 Мрз25	Мрз15 Мрз25	Мрз15 Мрз25

2.4. ПЕСОК

2.4.1 При изготовлении асфальтобетонных смесей должны применяться пески природные (речные, горные, морские), дроблённые, пески из отсевов дробления горных и минеральных пород и фракционированные пески.

2.4.2. Для смесей I марки асфальтобетона допускается использование дробленых песков из изверженных и метаморфических пород прочностью не ниже 80 МПа, осадочных пород прочностью не ниже 60 МПа, и гравия не ниже марки Др-8 (в соотношении природного и дробленого песка > 1:1), для смесей II марки асфальтобетона – из тех же пород прочностью не ниже, соответственно, 60 и 40 МПа и гравия не ниже марки Др-16; для смесей III марки асфальтобетона – гравия прочностью не ниже 40 МПа.

2.4.3. Зерновой состав песка является основным классификационным признаком и для изучения гранулометрии минеральной смеси песок следует разделять на следующие фракции: 0,09-0,25: 0,25-0,71 и 0,71-2 мм (0,071-0,315; 0,315-0,63; 0,63-2,5 и 2,5-5мм). Содержание зерен фракции 2-5 мм в природном песке допускается не более 10%.

2.4.4. Содержание пылевидных, глинистых и илистых частиц не должно превышать 3% в природном и 7% в дробленом песке. Глины в комках в природном и песке должно быть не более 0,5%.

2.4.5. В асфальтобетонных смесях нижнего слоя покрытия для дорог Iа и Iб категории, испытывающих высокие нагрузки, следует применять дробленый песок или его смесь с природным песком в соотношении по массе 1:1.

2.4.6. Содержание пылевидных, глинистых и илистых частиц не должно превышать 3% в природном и 7% в дробленом песке. Глины в комках в природном и песке должно быть не более 0,5%.

2.4.7. В асфальтобетонных смесях нижнего слоя покрытия для дорог Iа и Iб категории, испытывающих высокие нагрузки, следует применять дробленый песок или его смесь с природным песком в соотношении по массе 1:1.

2.4.8. В целях обеспечения постоянства свойств асфальтобетона песок каждой принимаемой партии должен иметь один и тот же зерновой состав, а для обеспечения постоянства состава самого песка необходимо корректировать его гранулометрический состав.

Для повышения качества природных (речных) песков следует активировать их гидратной известью (3-4 % по массе), а морские пески подвергать физико-химической активации с использованием смеси, состоящей из ПАВ и битума

2.5. МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТА

Асфальт генетически и пространственно связан с нефтью. Он представляет собой аморфное вещество чёрно-бурого или чёрного цвета, с удельным весом около 1, состоящее главным образом из водорода и углерода с резко подчинённым количеством кислорода, азота и серы. Многие исследователи рассматривают асфальт как продукт окисления нефти. Асфальт является хорошим диэлектриком, он нерастворим в воде, при сухой перегонке он даёт газообразные и жидкие углеводороды, смазочные масла и другие продукты.

Для приготовления асфальтовых растворов и бетонов используют асфальтовое вяжущее, представляющее собой смесь нефтяного битума с тонкомолотыми минеральными порошками. Прочность асфальтового вяжущего обусловлена соотношением компонентов битума и наполнителя и пористостью после уплотнения и отвердевания. При оптимальном соотношении весь битум адсорбирован в виде тонких непрерывных плёнок на поверхности тонкомолотого наполнителя, поэтому асфальтовое вяжущее имеет наибольшую прочность. Мелким заполнителем в растворе и бетоне являются чистые природные и искусственные пески.

Основные свойства асфальтового бетона зависят от применённого асфальтового вяжущего, состава бетона и его пористости. Пористость обычно составляет 5-7%.

Плотные бетоны (пористость более 5%) практически водонепроницаемы. Пористость ухудшает долговечность асфальтового бетона в связи с возрастанием водопоглощения, снижением морозостойкости и увеличением химической коррозии. Для повышения биостойкости асфальта в состав вяжущего вводят антисептики. Состав асфальтового раствора должен быть такой, чтобы пустоты в песке были заполнены полностью асфальтовым вяжущим.

На показатели прочности асфальтового бетона сильно влияет температура. Например, если предел прочности при сжатии асфальта при 20 град.С 2,2-2,4Мпа, то при 50 град.С –только 0,8-1,2Мпа.

Асфальтовые бетоны укладывают в горячем или холодном состоянии. Наиболее распространены горячие асфальтобетонные смеси, имеющие при укладке 140-170°С. Для их приготовления минеральные составляющие бетона загружают в смеситель, в котором их перемешивают с расплавленным битумом. Готовые горячие смеси привозят на специальных машинах и после укладки уплотняют катками. После остывания, через 1-2 часа, асфальтобетон отвердевает, приобретая плотность и прочность.

Асфальтовые бетоны, укладываемые в холодном состоянии, приготовляют на жидких битумах и битумной эмульсии. Жидкий битум подогревают и смешивают с высушенными и подогретыми до той же температуры наполнителями. Смесь охлаждают, развозят на места и укладывают при температуре окружающей среды не ниже 5°С.

По максимальной крупности зёрен минерального материала асфальтовый бетон делят на: крупнозернистый (наибольший размер зёрен 40 мм), среднезернистый (25 мм), мелкозернистый (15 мм) и песчаный (5 мм).

2.6. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

а) Контроль качества изготовления асфальтобетонной смеси и устройства асфальтобетонной покрытия (в дальнейшем - контроль качества) должен быть направлен на разработку необходимых организационных и технических мероприятий по осуществлению этого контроля, механизма его реализации, а также охватывать следующие вопросы:

- организация контроля качества;
- план испытаний и документация по контролю качества;
- технические требования к проверке контроля качества;

б) Лаборатория должна иметь соответствующее оборудование для проведения требуемых испытаний. Размер лаборатории, её оборудование и количество доставляемых для испытания

материалов должны обеспечить возможность проведения следующих испытаний и методов оценки в каждой из подлежащей проверке партий:

- средняя плотность минеральных материалов;
- органические примеси в песке;
- анализы просеивания тонких и грубых материалов;
- взятие образцов щебня, гравия, песка и минерального порошка;
- метод инспектирования асфальтобетонной установки;
- установление погрешности при дозировании компонентов асфальтобетонной смеси (щебня, гравия, песка и минерального порошка и битума);
- определение технических параметров асфальтобетонной смеси (в каждую смену);
- определение коэффициента уплотнения асфальтобетонной смеси;
- определение свойств асфальтобетонной смеси на основе данных экстрагирования её гранулометрического состава, с установлением содержания битума и зернового состава минеральной части смеси и сопоставления этих показателей с проектными данными.

АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ СМЕСИ

Асфальт представляет собой аморфное вещество чёрно-бурого или чёрного цвета, с удельным весом около 1, состоящее главным образом из водорода и углерода с резко подчинённым количеством кислорода, азота и серы. Многие исследователи рассматривают асфальт как продукт окисления нефти.

Асфальт нерастворим в воде, при сухой перегонке он даёт газообразные и жидкие углеводороды, смазочные масла и другие продукты. Для приготовления асфальтовых растворов и бетонов используют асфальтовое вяжущее, представляющее собой смесь нефтяного битума с тонкомолотыми минеральными порошками.

Прочность асфальтового вяжущего обусловлена соотношением компонентов битума и наполнителя и пористостью после уплотнения и отвердевания. При оптимальном соотношении весь битум адсорбирован в виде тонких непрерывных плёнок на поверхности тонкомолотого наполнителя, поэтому асфальтовое вяжущее имеет наибольшую прочность. Мелким заполнителем в растворе и бетоне являются чистые природные и искусственные пески.

Основные свойства асфальтового бетона зависят от применённого асфальтового вяжущего, состава бетона и его пористости. Пористость обычно составляет 5-7%. Плотные бетоны (пористость более 5%) практически водонепроницаемы. Пористость ухудшает долговечность асфальтового бетона в связи с возрастанием водопоглощения, снижением морозостойкости и увеличением химической коррозии. Для повышения биостойкости асфальта в состав вяжущего вводят антисептики. Состав асфальтового раствора должен быть такой, чтобы пустоты в песке были заполнены полностью асфальтовым вяжущим.

На показатели прочности асфальтового бетона сильно влияет температура. Например, если предел прочности при сжатии асфальта при 20 град.С 2,2-2,4Мпа, то при 50 град.С –только 0,8-1,2Мпа. Асфальтовые бетоны укладывают в горячем или холодном состоянии. Наиболее распространены горячие асфальтобетонные смеси, имеющие при укладке 140-170°С. Для их приготовления минеральные составляющие бетона загружают в смеситель, в котором их перемешивают с расплавленным битумом. Готовые горячие смеси привозят на специальных машинах и после укладки уплотняют катками. После остывания, через 1-2 часа, асфальтобетон отвердевает, приобретая плотность и прочность.

Асфальтовые бетоны, укладываемые в холодном состоянии, приготовляют на жидких битумах и битумной эмульсии. Жидкий битум подогревают и смешивают с высушенными и подогретыми до той же температуры наполнителями. Смесь охлаждают, развозят на места и укладывают при температуре окружающей среды не ниже 5°С.

По максимальной крупности зёрен минерального материала асфальтовый бетон делят на: крупнозернистый (наибольший размер зёрен 40 мм), среднезернистый (25 мм), мелкозернистый (15 мм) и песчаный (5 мм).

а) Контроль качества приготовления асфальтобетонной смеси включает в себя проверку:

- качества минеральных материалов и битума;

- точности дозирования температурного режима подготовки битума и изготовления асфальтобетонной смеси;
- продолжительности перемешивания минеральных материалов с битумом;
- температуры и качества готовой асфальтобетонной смеси;
- соответствия готовой асфальтобетонной смеси проектному составу.

При изменении свойств исходных материалов в состав асфальтобетонной смеси должны вноситься необходимые коррективы.

б) Температура нагрева битумов для асфальтобетонной смеси, в зависимости от марки битума, должна соответствовать показателям таблицы 2.8:

Таблица 2.8

Максимально допустимые температуры вяжущего в цистерне

Вид вяжущего	Обозначение (марка) вяжущего	Максимально допустимая температура
Дорожный битум	В 25	200
	В 40	180
	В 60	180
	В 90	160
С добавками ПАВ и присадок	В 25п	190
	В 40п	160
	В 60п	160
	В 90п	150

Асфальтобетонную смесь приготовляют смешением в смесительных установках в нагретом состоянии щебня (гравия), природного или дробленого песка, минерального порошка и нефтяного дорожного битума, взятых в соотношениях, определяемых требованиями настоящего стандарта.

Область применения асфальтобетонных смесей приведена в рекомендуемых приложениях 2-4.

ГЛАВА III. МОДИФИКАЦИИ БИТУМОВ С ПОЛИМЕРНЫМИ ОТХОДАМИ

В последнее время при производстве битуминозных асфальтобетонных смесей начали широко применять битумы , модифицированные каучуками или другими полимерами.

В настоящее время накопилось большое количество резиносодержащих отходов (РСО), в основном – изношенных автошин, которые не находят широкого промышленного применения несмотря на то, что в их составе находятся такие полезные продукты как каучук, технический углерод, полиамидные волокна, металл и др.

Наибольшее распространение в производстве строительных материалов получили РСО, предварительно переработанные в резиновую крошку (РК).

В процессе переработки автошин по указанной выше технологии образуются следующие продукты:

- крупная РК, фракцией 1…20 мм;
- мелкая РК, фракцией до 1 мм;
- металлокорд;
- кордные отходы – текстильные волокна с неотделенной от них РК.

Резиновая крошка, полученная в результате переработки изношенных автопокрышек, имеет многочисленные и перспективные области дальнейшего практического применения, что, при эффективной организации маркетингового сопровождения производства, безусловно, обеспечит ее быструю и устойчивую реализацию на отечественном и зарубежном рынках, а также эффективное использование в производствах конкурентно-способных изделий.

Крупная РК используется в качестве заполнителя при изготовлении асфальтобетонных смесей. При этом улучшаются эксплуатационные характеристики дорожного покрытия, но возрастает его стоимость.С целью модификации дорожного битума и улучшения свойств битумных вяжущих исследована крошка из резины общего назначения, в том числе шинная.

3.1. Исследования продуктов переработки резиносодержащих отходов в производстве битуминозных строительных материалов

Известно, что на протяжении более сотни лет предпринимались многочисленные усилия чтобы объединить резину с битумами и асфальтами с целью ее утилизации и придания вяжущим материалам резиноподобных свойств.

Были разработано множество технологических схем прямого введения резины в асфальтобетонные смеси, использования резиновой крошки как наполнителя в дорожно-строительных материалах. Были построены сотни экспериментальных участков дорог, покрытий мостов и аэродромов, которые вначале показывали чудесные характеристики. Однако, затем происходило медленное разбухание частиц резины, запертых в структуре асфальта. Покрытия при таких внутренних нагрузках разуплотнялись и быстро разрушались. Никак не связанные резиновые частицы выкрашивалась из асфальтов и, практически в неизменном виде, разносились ветром, загрязняя окрестности.

Процесс смешения битума с резиновым порошком сопровождается изменением основных свойств битума: происходит увеличение теплостойкости, понижение температуры хрупкости, увеличение деформируемости.

Как видно из таблиц 3.1 и 3.2 оптимальное количество добавки в битум составляет 4-5%. В этом случае понижение глубины проникания иглы не превышает для битума марки БНД 60/90 – 19%, а для битума марки БНД 90/130 – 28%. Растяжимость при этом понижается соответственно от 98 до 170,1 мм и от 100 до 260 мм.Однако, заниженные значения растяжимости можно считать вполне приемлемыми.

В ряде работ {13-18} показано, что высокие значения этого показателя указывают лишь на однородность вяжущего, но могут стать причиной снижения сдвигоустойчивости покрытия. В нормативных документах многих стран, вероятно по этой причине, показатель растяжимости не регламентируется стандартный метод определения растяжимости не отражает фактических условий работы битумов в дорожной конструкции.

Продолжительность единичного воздействия динамической нагрузки при проходе автомобиля составляет около 0,1-1,5 мм, а скорость деформирования соответствует значениям примерно 600-1000см/мин. Относительные температурные деформации в асфальтобетонном покрытии также не превышает 0,001,

Анализ полученных нами данных показал, что по комплексу наибольшими потенциальными возможностями для улучшения свойств битумных вяжущих, обладает крошка из резин общего назначения, в том числе шинная.

При этом полностью снимается проблема с сырьём, поскольку производство каучуков и полимеров в основном монополизировано, в то время как производство резиновой крошки не имеет этих ограничений, имеющееся оборудование по производству резиновой крошки легко может быть развернуто при наличии на нее заметного спроса.

Резина, являясь эластомерным материалом с уникальным комплексом свойств, представляет собой особо многотоннажный продукт химической технологии, один из конечных продуктов цепочки переработки нефти и газа, который широко используется в различных отраслях жизни. Масштабы производства резиновых изделий чрезвычайно велики и также велики масштабы образующихся резиновых отходов. Сокращения производства резины в ближайшем будущем не предвидится.

Поэтому отходы резины являются практически неисчерпаемым источником качественного эластомерного сырья для улучшения свойств вяжущих.

Очевидно, что ключевым звеном, позволяющим состыковать отдельные части означенной комплексной программы и решить поставленные задачи, должна стать технология соединения отходов резины с нефтяными битумами учитывающая всю сложность и химизм происходящих процессов, как в самих вяжущих, так и в конечных продуктах – асфальтобетонных дорожных покрытиях при их устройстве и эксплуатации.

Причём решать задачу нужно исходя их необходимых и достаточных параметров покрытий дорог, а не из эмпирических представлений о полезности резины в битуме.

В результате применения такой технологии должны быть сконструированы и получены вяжущие материалы, которые должны заметно и, главное, долговременно улучшать асфальтобетонные покрытия дорог. И основное внимание должно быть уделено улучшению свойств отечественных низкокачественных окисленных битумов.

Только в таком случае возможно экономически и технически эффективное решение проблемы отходов резины.

Таблица 3.1

Основные свойства исходного и экстрагированных битумов

Определение свойств	Исходный битум	Битумы с эксплуатационным периодом, лет		
		10	20	40
Глубина проникновения иглы при 25С,мм/10	65	50	37	25
Температура размягчения по «КиШ», °С	80	84	91	95
Растяжимость, см	65	51	46	25
Температура хрупкости по Фраасу, °С	-10	-5	-2	0

Срок службы асфальтобетонных покрытий, приготовленных с применением в качестве вяжущего битумов, модифицированных по новой технологии в 3 раза выше, чем срок службы покрытий с использованием немодифицированных битумов при тех же условиях эксплуатации.

Покрытия позволяют в 2 раза снизить уровень шума и вибрации, уменьшить возможность образования ледяной корки, повысить сцепление, сократить тормозной путь и, кроме того, могут иметь в 1,5-2 раза меньшую толщину.

Для модификации битума марки ТБ 25/40, ТБ 70/30 и Вакі 85/25 использовали отходы резины. Физико-механические показатели использованного битума показаны в таблице 3.1, а рецептура на основе резиновой пыли показана в таблице 3.2.

В дальнейшем, на основе полученных минеральных порошков и активного битума (В75) была изготовлена асфальтобетонная смесь состава: (масс. ч. -46); минеральный порошок -26; битум -10; высокомолекулярная нефтяная кислота -2.

Таблица 3.2

Рецептура композиции на основе резиновой пыли (РП).

Наименование компонентов	№ образцов				
	1	2	3	4	5
	Содержание массовых частей				
Битум	100	100	100	100	100
РП	2	4	6	8	10
Сера	-	-	-	1	2

В ряде экспериментов активный порошок шинной резины сначала перемешивали с минеральными компонентами асфальтобетона на стандартном смесительном оборудовании, затем заливали смесь горячим битумом и дополнительно перемешивали всего в течении 50-100 секунд.

Несмотря на столь короткое время смешения, при этом происходит эффективное образование прочных связей между частицами резинового порошка, молекулами битума и минеральными компонентами смеси. В результате, существенно уменьшается температурный коэффициент прочности асфальтобетона, не увеличивается температура размягчения дорожного покрытия.

Таблица 3.3

Состав битумно-полимерных композиций

Компоненты композиции	Содержание компонентов, масс. Ч. По примерам								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Резиновая крошка	-	5	0	5	20	25	30	35	40
Битум	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Наполнитель	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Минеральный порошок (НМП)	150	-	-	-	25	40	50	60	80
ВМНК	-	-	-	-	10	10	10	20	20

Температура смешения компонентов в смесителе, °С	100	70	90	100	160-180	70	90	70	100
Время смешения, мин	15	10	12	15	65-120	10	12	10	15

Например, введение 2 вес.% активного резинового порошка в обладающий хорошими свойствами асфальт марки А приводит к увеличению его температуры размягчения в два раза, при этом возрастают морозостойкость и упругость асфальтобетона.

Как показали проведённые лабораторные исследования, такая технология введения активного резинового порошка не сопровождается деструкцией макромолекул, что обеспечивает вполне удовлетворительные эластические свойства дорожного покрытия.

Мелкодисперсная сажа из резины, в большом количестве попадая в битум, становилась дополнительным источником центров кристаллизации, резко понижая стабильность вяжущих, их устойчивость к старению и деградации свойств.

Резина, являясь эластомерным материалом с уникальным комплексом свойств, представляет собой особо многотоннажный продукт химической технологии, один из конечных продуктов цепочки переработки нефти и газа, который широко используется в различных отраслях жизни.

Масштабы производства резиновых изделий чрезвычайно велики и также велики масштабы образующихся резиновых отходов. Сокращения производства резины в ближайшем будущем не предвидится.

По тем же причинам не оправдали себя и способы введения в битумы высокодисперсных резиновых порошков с сильно развитой и модифицированной поверхностью.

При введении таких высокоактивных добавок существенно изменялись привычные приёмы обращения с битумными вяжущими, например, резко сокращался их срок хранения при технологических температурах.

Резина по сравнению с каучуками намного устойчива к окислительному воздействию кислорода воздуха. Она отличается высокой устойчивостью к воде и солевым растворам.

Кроме того, важной особенностью резиновой крошки , особенно шинной, является присутствие специальных химических веществ – антиоксидантов, антистарителей, антиозонантов и др. их присутствие сможет обеспечить повышение устойчивости вяжущего материала к окислительной деградации в условиях эксплуатации.

Поскольку резина в шинах, даже изношенных, отличается отменным уровнем химического качества, то с уверенностью можно утверждать, что этот вид отходов при их грамотной переработке и правильном применении становится особо ценным вторичным сырьём. Взаимодополняющем сочетании полезных свойств двух различных компонентов и состоит идея новых вяжущих материалов для асфальтобетонов.

В нашей работе основное внимание было уделено улучшению свойств отечественных низкокачественных окисленных битумов. Только в таком случае возможно технически и экономически оправданное решение проблемы утилизации отходов резины.

Введение активного порошка приводит к резкому уменьшению этих свойств (таблица 3.4 и 3.5).

Таблица 3.4.

Физико-механические свойства композиции на основе резиновой пыли

№	Показатели	Образцы				
		1	2	3	4	5
1.	Проникновение иглы при 25 °С	38	72	100	71	96
2.	Температура размягчения, °С	49	68	82	56	75
3	Температура хрупкости, °С	-10	-10	-26	-8	-20
4.	Растяжимость при 25, °С	40	60	70	55	60
5	Плотность, г/см^3	2,34	2,36	2,38	2,2	2,4
6	Температурные изменения при Т=65 °С в течении 5-ти часов	7	6	6	6	6
7	Предел прочности при 20 °С	2,4	3,0	3,5	3,1	3,4

	при 50 °С	0,9	1,0	1,2	1,1	1,3

Полученную гранулированную битумно-резиновую композицию испытывали по стандартным методикам, указанных во II главе. Данные представлены в таблицах 3.6, 3.7 и 3.8.

Таблица3.5 Показатели физико-механических свойств асфальтобетонных смесей

Наименования показателей	Образцы			
	1	2	3	4
Предел прочности при сжатии, МПа, При температуре 20 °С 50 °С	 2,2 0,9	 - -	 - -	 - -
Коэффициент водостойкости, %	0,90	-	0,95	0,89
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении, % по объёму	0,86	0,90	0,94	0,90
Набухание, % по объёму	0.6	0,9	0,5	1,0
Остаточная пористость, % по объёму	2,1	2,4	2,0	2,3

Таблица 3.6 Свойства битумно-полимерных композиций

Показатели	Значения показателя по примерам								
	1	2	3	4	5 прототип	6	7	8	9
Условная прочность при разрыве, МПа	4,5	10,0	6,0	6,5	Рвется без нагрузки	7,0	8,0	5,0	9,5
Относительное удлинение при разрыве,%	650	850	1100	780	-	900	900	700	830
Твёрдость по Шору А, усл. Ед	63	50	35	58	20	45	43	40	45
ПТР при Т=190 °С, Р=49 Н, г/10 мин	18	20	40	35	100	30	35	30	25

Использование резиновой крошки, получаемой переработкой изношенных автомобильных шин и других отходов резинотехнических изделий, в составе битумов является перспективным направлением их модификации. Ежегодный объем поступления таких отходов составляет миллионы тонн. В них содержится большое количество антиоксидантов-антистарителей, обеспечивающих высокую стойкость материала к нагреву и термоокислительной деструкции.

Введение резиновой крошки в битум позволяет получать вяжущее, обеспечивающее существенное улучшение деформативности и трещиностойкости асфальтобетонов.

Таблица 3.7

Физико-механические показатели щебеночно-мастичного асфальтобетона ЩМА-10 при введении РТЭП на каменные материалы

	Наименование показателей	Нормы по ГОСТ 31015-2002	0 %	0,1 %	0,2 %	0,3 %	0,5 %
			РТЭП				
1	Плотность (объемная масса), г/см^3	-	2,39	2,40	2,40	2,41	2,41
2	Остаточная пористость, %	2,0–4,0	3,761	3,358	3,358	2,956	2,956
3	Водонасыщение, % по объему	1,5–4,0	2,82	2,33	2,23	2,16	2,01
4	Предел прочности при сжатии, МПа при температуре: 200°С 500 °С	-2,5 -0,70	3,29 0,75	3,52 0,87	3,67 1,00	3,99 1,11	4,12 1,12

5.	Коэффициент водостойкости	-	0,86	0,92	0,94	0,95	0,97
6.	Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении (15 сут.)	0,75	0,79	0,86	0,88	0,91	0,92
7.	Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	3,0 – 6,5	3,48	3,82	3,99	4,21	4,16
8.	Коэффициент внутреннего трения tg	0,94	0,89	0,90	0,92	0,92	0,91
9.	Сцепление при сдвиге при температуре 500°С, МПа	0,20	0,18	0,33	0,57	0,60	0,65
10.	Показатель стекания вяжущего, %	0,20	0,24	0,19	0,18	0,15	0,13

Однако, как отмечают авторы многих работ [4-6], несмотря на очевидные преимущества перед другими модификаторами, использование шинной резины в дорожном строительстве до последнего времени сдерживается в основном технологическими трудностями совмещения резины с битумом. РТЭП имеет вид гранул темного цвета, неправильной сферовидной формы с насыпной плотностью 0,3–0,4 г/см^3. Результаты проведенных исследований показали, что при выдерживании РТЭП в нагретом битуме при температурах 140–160° С и постоянном интенсивном перемешивании в лабораторной мешалке, основная масса добавки (до 80%) расплавляется и равномерно распределяется в битуме уже по истечении 15 мин. В этих условиях расплавляется, главным образом, полимерная составляющая гранул, образуя с высокомолекулярными соединениями битума полимерно-битумное вяжущее.

Таблица 3.8 Физико-механические показатели щебеночно-мастичного асфальтобетона ЩМА-15 при введении РТЭП на каменные материалы

Наименование показателей	Нормы по ГОСТ 31015-2002	0 %	0,1 %	0,2 %	0,3 %	0,5 %
		Р ТЭП				
Плотность (объемная масса), г/см^3	-	2,38	2,39	2,395	2,406	2,410
Остаточная пористость, %	2,0-4,0	3,64	3,57	3,13	2,46	1,83
Водонасыщение, % по объему	1,5-4,0	3,07	2,68	2,52	2,33	2,05
Предел прочности при сжатии, МПа при температуре: 200 °С 500 °С	- 2,5 –0,70	3,51 0,72	4,08 0,78	4,26 0,85	4,59 0,89	4,72 0,92
Коэффициент вариации R50	0,18	0,07	0,08	0,09	0,03	0,15
Коэффициент водостойкости	-	0,85	0,88	0,90	0,92	0,94
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении (15 сут.)	0,75	0,83	0,84	0,87	0,89	0,91
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	3,0 – 6,5	3,95	4,36	4,58	4,75	4,66
Коэффициент внутреннего трения tg	0,94	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93
Сцепление при сдвиге при температуре 500 °С, МПа	0,20	0,20	0,32	0,55	0,59	0,63
Показатель стекания вяжущего, %	0,20	0,20	0,19	0,15	0,13	0,11

Присутствующие же в добавке нерасплавленные каучуковые частицы резиновой крошки, частично подвергнутые набуханию и деструкции уже в процессе приготовления гранул, находясь во

взвешенном состоянии в образующемся ПБВ, формируют с ним новую упрочненно-сетчатую структуру.

Более крупные нерасплавленные резинокаучуковые фрагменты гранул РТЭП в дальнейшем при объединении ПБВ с минеральными материалами дисперсно армируют систему, способствуя образованию устойчивого стабильного высокопрочного асфальтобетона.

Как видно из рисунков 1–2 оптимальное количество добавки РТЭП в битум составляет 4–5%. В этом случае понижение глубины проникания иглы (пенетрации) при 25° С не превышает для битума марки БНД 60/90 19%, а для битума марки БНД 90/130 – 28%, растяжимость при этом понижается соответственно от 98 до 17·0,1 мм и от 100 до 26·0,1 мм.

Однако заниженные значения растяжимости можно считать вполне приемлемыми. В ряде работ [5-6] показано, что высокие значения этого показателя указывают лишь на однородность вяжущего, но могут стать причиной снижения сдвигоустойчивости покрытия. В нормативных документах многих стран, вероятно по этой причине, показатель растяжимости не регламентируется.

Стандартный метод определения растяжимости не отражает фактических условий работы битумов в дорожной конструкции. Продолжительность единичного воздействия динамической нагрузки при проходе автомобиля составляет около 0,1–0,01 с.

При этом прогиб покрытия не превышает 1–1,5 мм, а скорость деформирования соответствует значениям примерно 600–1000 см/мин. Относительные температурные деформации в асфальтобетонном покрытии также не превышают 0,001 [11]. В связи с этим И.М. Руденская и А.В. Руденский подчеркивают, что показатель растяжимости оказывается малопригодным для оценки качества битумов и не позволяет судить о поведении вяжущего в дорожном покрытии в условиях динамических воздействий.

При введении добавки РТЭП в битум, как видно из рисунка 1, существенно повышается температура размягчения вяжущего, увеличивается интервал пластичности и растяжимость при °С, а также наблюдается некоторое понижение температуры хрупкости.

Вяжущее приобретает такое полезное свойство как эластичность, что обусловлено наличием в РТЭП термоэластопласта, формирующего в вяжущем сопряженную асфальтенополимерную сетку. Как

показывает В.А. Золотарев [12], эластичность вяжущего должна благоприятно сказаться на циклической усталости асфальтополимербетонов при умеренных и низких отрицательных температурах.

Проведенные исследования позволили также установить, что введение добавки РТЭП в битумное вяжущие повышает их сцепление с каменными материалами.

Однако это повышение незначительно, от 2 (исходный битум) до 3 баллов с добавкой РТЭП (по пятибалльной шкале). Для улучшения этого показателя желательно использовать добавки ПАВ. Сочетание РТЭП с ПАВ в модифицированном вяжущем, как показали наши исследования, обеспечивают высокую сдвигоустойчивость, трещиностойкость, водоустойчивость асфальтобетонов.

3.2 Активация минерального порошка для асфальтобетонной смеси

Минеральный порошок играет роль добавки, структурирующей битум в асфальтовяжущее склеивание в монолит зерна щебня и песка.

Применение активированного минерального порошка при изготовлении асфальтобетонной смеси позволяет уменьшить температуру нагрева смеси на 10-20 ^{0}С без снижения её качества и удобообрабатываемости, а срок службы асфальтобетонных покрытий с применением активированных минеральных порошков, в среднем на 4-5 лет больше срока службы покрытия с неактивированными минеральными порошками.

Таблица 3.9 Основные показатели Гюздекского каменного карьера и минерального порошка

Место рождение	Прочность при сжатии, МПА	Потери при прокаливании, % по массе	Содержание, % по массе					
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3
Гюздек	15,0	43,40	0,28	0,22	0,08	55,7	0,61	0,10

В этой работе для изготовления минеральных порошков использованы различные минеральные порошки. Основные показатели, применяемые в качестве минерального порошка показаны в таблице 3.9 и 3.10.

Таблица 3.10

Основные показатели применяемых в качестве наполнителей минеральных порошков

№	Наименование показателей	Шлаки Гянджинского завода	Остатки Гюздекского каменного карьера	Пыль уноса цементных заводов
1.	Зерновой состав, % по массе меньше 0,071 мм	70	40	70
2.	Пористость, по объёму	40	45	45
3.	Набухание образцов из смеси минерального порошка с битумом	2,8	2,6	2,7
4.	Коэффициент водостойкости образцов из смеси порошка с битумом	0,9	0,81	0,6
5.	Показатель битумоёмкости, г	200	100	100
6.	Содержание водорастворимых соединений, %	1		6
7.	Влажность, % по массе	2	1	2
8.	Содержание окислов щелочных металлов(H_2O + K_2O), по массе	4	-	6
9.	Потери при прокаливании, % по массе	20	100	3
10.	Содержание свободной окиси кальция, CaO, % по массе	61,1	56,7	0

С целью обеспечения сцепления вводимого в асфальтобетонную смесь битума с минеральной её частью в него следует ввести активированные продукты.

Для активации минерального порошка использованы высокомолекулярные нефтяные кислоты, полученные из Бакинской нефти (ВМНК).

ВМНК имеют ряд ценных физико-химических свойств. Несмотря на это, из ВМНК используется 20%, поэтому использование ВМНК является весьма актуальным.

ВМНК вводим в минеральный порошок в процессе изготовления композиций. После введения ВМНК в минеральный порошок, выдерживали при рабочей температуре 3-4 часа.

В дальнейшем было изучено влияние ВМНК на свойства минерального порошка.

Использование в асфальтобетонных покрытиях с применением в качестве активированного минерального порошка, модифицированных по новой технологии в 3 раза выше, чем срок службы покрытий с использований неактивизированных минеральных порошков при тех же условиях эксплуатации.

Покрытия позволяют в 2 раза снизить уровень шума и вибрации, уменьшить возможность образования ледяной корки, повысить сцепление, сократить тормозной путь и, кроме того, могут иметь в 1,5-2 раза меньшую толщину.

Таблица 3.11

Асфальтобетонная композиция на основе резиновой пыли

Наименование материалов	Образцы				
	1	2	3	4	5
Битум ТБ 25/40	100	100	100	-	-
Битум ТБ 70/30	-	-	-	100	100
Резиновая пыль (РП)	6	8	10	8	10
Минеральный наполнитель	10	10	10	10	10
Смола	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Сера	2	2	2	2	2

Широкомасштабное внедрение модифицированных битумов позволяет решить одновременно две важных проблемы:

- проблему повышения качества и продления сроков службы дорожных асфальтобетонных покрытий, сокращения затрат на их ремонт, сбережение ресурсов, расходуемых на ремонтные работы;
- экологическую проблему масштабной утилизации изношенных автомобильных шин и отходов РТИ.

Очевидно, что давняя идея совместного и взаимного решения этих проблем, способна воплотиться в практику только в случае достижения действительно неординарных и экономически эффективных результатов в деле улучшения качества и долговечности асфальтобетонных дорожных покрытий при соединении их с резиной из шин. Только в этом случае шоссе может стать местом, где резина встречается с резиной, проявляя свои лучшие качества и принося дополнительную пользу.

Модифицирован дорожный битум и минеральный порошок для изготовления асфальтобетонной смеси. Показано, что оптимальное количество добавки минерального порошка в битум составляет 4-5%. Исследована технология соединения отходов резины с нефтяными битумами.

Минеральный порошок играет роль добавки, структурирующий битум в асфальтовяжущее вещество и обеспечивающее монолит зерна щебня и песка. Минеральный порошок придаёт асфальтобетону плотность, прочность и теплостойкость, но при избыточном содержании неактивированный минеральный порошок может привести к повышенной хрупкости и ухудшению его деформационных качеств при низких температурах.{1-4}

Активизация минерального порошка повышает однородность асфальтобетонной смеси и, как следствие, степень однородности его порового пространства. Наиболее плотная упаковка частиц смеси при применении активированного минерального порошка обуславливает тенденцию к образованию замкнутых пор.

Так, для асфальтобетона с неактивированным минеральным порошком -17-20%, что в значительной степени сказывается на повышении таких важных свойств асфальтобетона, как морозостойкость и длительная водостойкость{5-10}.

В качестве минерального порошка использовано остатки Гюздекского каменного карьера {11}.

С целью определения эффективности сцепления активного битума (В65) с поверхностью минерального порошка и битума проводился на лабораторном смесителе при температуре 120 С в течении 20 минут.

Полученные данные представлены в таблице .3.12

Таблица 3.12

Показатели активного битума с поверхностью минеральных материалов

Материалы	Степень сцепления	
	Без добавки	С добавкой 2-3%
Мингечаурский песок	37	49
Гюздекский порошок	51	60

Таблица 3.13

Основные показатели минерального порошка

Наименование показателей	Нормы по видам порошка		
	Активированный	Неактивированный	Цементная пыль
Содержание глинистых примесей (полуторных окислов Al_2O_3+Fe_2O_3, в составе измельчённой породы, % по массе	6,7	1,7	1,7
Содержание частиц, % по массе мельче 0,09 мм	75	40	60
Пористость, % по объёму	30	40	45
Набухание смеси минерального порошка с битумом, % по объёму	2,0	3,0	3,5
Показатель битумоёмкости, г на 100 $см^3$	60	70	100
Влажность, % по массе	0,5	1,0	1,2
Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, %	0,95	0,9	0,8

В дальнейшем, на основе полученных минеральных порошков и активного битума (В75) была изготовлена асфальтобетонная смесь состава: (масс. Ч. -46); минеральный порошок -26; битум -10; высокомолекулярная нефтяная кислота -2.

В ряде экспериментов активный порошок шинной резины сначала перемешивали с минеральными компонентами асфальтобетона на стандартном смесительном оборудовании, затем заливали смесь горячим битумом и дополнительно перемешивали всего в течении 50-100 секунд.

Несмотря на столь короткое время смешения, при этом происходит эффективное образование прочных связей между частицами резинового порошка, молекулами битума и минеральными компонентами смеси. В результате, существенно уменьшается температурный коэффициент прочности асфальтобетона, не увеличивается температура размягчения дорожного покрытия.

Например, введение 2 вес.% активного резинового порошка в обладающий хорошими свойствами асфальт марки А приводит к увеличению его температуры размягчения в два раза, при этом возрастают морозостойкость и упругость асфальтобетона.

Как показали проведённые лабораторные исследования, такая технология введения активного резинового порошка не сопровождается деструкцией макромолекул, что обеспечивает вполне удовлетворительные эластические свойства дорожного покрытия. Введение активного порошка приводит к резкому уменьшению этих свойств

Технические преимущества технологии: продление срока службы дорожных покрытий, гидроизоляции сооружений; снижение затрат на ремонт и эксплуатацию дорожных покрытий; сокращение продолжительности процесса модификации битума по сравнению со старыми методами совмещения битума с резиновой крошкой.

Очень хорошие результаты даёт применение материалов РБК в качестве вяжущего для литых асфальтов при строительстве и ремонте автомобильных дорог и тротуаров.

Процесс смешения битума с резиновым порошком сопровождается изменением основных свойств битума: происходит увеличение теплостойкости, понижение температуры хрупкости, увеличение деформируемости.

Широкомасштабное внедрение модифицированных битумов позволяет решить одновременно две важных проблемы:

- проблему повышения качества и продления сроков службы дорожных асфальтобетонных покрытий, сокращения затрат на их ремонт, сбережение ресурсов, расходуемых на ремонтные работы;
- экологическую проблему масштабной утилизации изношенных автомобильных шин и отходов РТИ.

Очевидно, что давняя идея совместного и взаимного решения этих проблем, способна воплотиться в практику только в случае достижения действительно неординарных и экономически

эффективных результатов в деле улучшения качества и долговечности асфальтобетонных дорожных покрытий при соединении их с резиной из шин. Только в этом случае шоссе может стать местом, где резина встречается с резиной, проявляя свои лучшие качества и принося дополнительную пользу.

Модифицирован дорожный битум и минеральный порошок для изготовления асфальтобетонной смеси. Показано, что оптимальное количество добавки минерального порошка в битум составляет 4-5%. Исследована технология соединения отходов резины с нефтяными битумами.

Минеральный порошок играет роль добавки, структурирующий битум в асфальтовяжущее вещество и обеспечивающее монолит зерна щебня и песка. Минеральный порошок придаёт асфальтобетону плотность, прочность и теплостойкость, но при избыточном содержании неактивированный минеральный порошок может привести к повышенной хрупкости и ухудшению его деформационных качеств при низких температурах.{1-4}

В качестве минерального порошка использовано остатки Гюздекского каменного карьера {11}.

Таблица 3.14

Результаты испытаний асфальтобетонной смеси

Наименование показателя	Асфальтобетон		
	Исходный битум	Активированный минеральный порошок	ГОСТ 912827
Средняя плотность, г/см^3	2,25	2,36	-
Остаточная пористость, %	2,6	1,98	2.5-5.0
Водонасыщение, % по объему	2,0	1,4	1,5-4,0
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре:			
20 ºС	3,0	3,8	2.0
50 ºС	1,0	1,9	0.9
0 ºС	6,0	7,6	12
Коэффициент водостойкости	0.86	0,98	0,75

Активизация минерального порошка повышает однородность асфальтобетонной смеси и, как следствие, степень однородности его порового пространства. Наиболее плотная упаковка частиц смеси при применении активированного минерального порошка обуславливает тенденцию к образованию замкнутых пор. Так, для асфальтобетона с неактивированным минеральным порошком -17-20%, что в значительной степени сказывается на повышении таких важных свойств асфальтобетона, как морозостойкость и длительная водостойкость {5-10}.

Оптимальное количество добавки в битум составляет 4-5%. В этом случае понижение глубины проникания иглы не превышает для битума марки БНД 60/90 – 19%, а для битума марки БНД 90/130 – 28%. Растяжимость при этом понижается соответственно от 98 до 170,1 мм и от 100 до 260 мм. Однако, заниженные значения растяжимости можно считать вполне приемлемыми. В ряде работ {13-18}показано, что высокие значения этого показателя указывают лишь на однородность вяжущего, но могут стать причиной снижения сдвигоустойчивости покрытия. В нормативных документах многих стран, вероятно по этой причине, показатель растяжимости не регламентируется стандартный метод определения растяжимости не отражает фактических условий работы битумов в дорожной конструкции. Продолжительность единичного воздействия динамической нагрузки при проходе автомобиля составляет около 0,1-1,5 мм, а скорость деформирования соответствует значениям примерно 600-1000см/мин. Относительные температурные деформации в асфальтобетонном покрытии также не превышает 0,001,

Анализ полученных нами данных показал, что по комплексу наибольшими потенциальными возможностями для улучшения свойств битумных вяжущих , обладает крошка из резин общего назначения, в том числе шинная.

При этом полностью снимается проблема с сырьём, поскольку производство каучуков и полимеров в основном монополизировано, в то время как производство резиновой крошки не имеет этих ограничений, имеющееся оборудование по производству резиновой крошки легко может быть развернуто при наличии на нее заметного спроса.

Резина, являясь эластомерным материалом с уникальным комплексом свойств, представляет собой особо многотоннажный продукт химической технологии, один из конечных продуктов цепочки переработки нефти и газа, который широко используется в различных отраслях жизни. Масштабы производства резиновых изделий чрезвычайно велики и также велики масштабы образующихся резиновых отходов. Сокращения производства резины в ближайшем будущем не предвидится. Поэтому отходы резины являются практически неисчерпаемым источником качественного эластомерного сырья для улучшения свойств вяжущих.

Очевидно, что ключевым звеном, позволяющим состыковать отдельные части означенной комплексной программы и решить поставленные задачи, должна стать технология соединения отходов резины с нефтяными битумами учитывающая всю сложность и химизм происходящих процессов, как в самих вяжущих, так и в конечных продуктах – асфальтобетонных дорожных покрытиях при их устройстве и эксплуатации. Причём решать задачу нужно исходя их необходимых и достаточных параметров покрытий дорог, а не из эмпирических представлений о полезности резины в битуме. В результате применения такой технологии должны быть сконструированы и получены вяжущие материалы, которые должны заметно и, главное, долговременно улучшать асфальтобетонные покрытия дорог. И основное внимание должно быть уделено улучшению свойств отечественных низкокачественных окисленных битумов. Только в таком случае возможно экономически и технически эффективное решение проблемы отходов резины.

Постоянно повышающиеся требования к качеству и эксплуатационным характеристикам материалов на основе битума часто не могут быть удовлетворены только за счет выбора сырья и технологии производства битума. В этом случае прибегают к модификации битумов полимерными синтетическими материалами или отходами их производства. В последнее время полимербитумы стали применяться особенно широко: во-первых, потому, что синтетические полимерные материалы производят в большом количестве, и они стали более доступны; во-вторых, при их производстве образуется много отходов и побочных продуктов, которые не находят сбыта. Цель, которую преследовали многие исследователи и практики, заключалась в передаче битуму ценных свойств синтетических полимерных материалов: пластичности в широком температурном интервале (главным образом, за счет снижения температуры хрупкости), стойкости к агрессивным средам и эластичности. В настоящее время освоено производство различных видов напольной плитки и обувных пластин с высокой стойкостью к истиранию с содержанием активного шинного порошка до 70 вес.%. Использование активного порошка шинной резины для модификации асфальта В настоящее время при создании асфальтовых покрытий используют в качестве связующего различные сорта битума. Однако свойства обычного, немодифицированного битума не позволяют получить дорожные покрытия с нужным комплексом свойств, причем наиболее сильно это проявляется при высоких и при пониженных температурах. В связи с этим, основным направлением повышения качества и долговечности дорожных покрытий является модификация битума за счет введения в него различного рода полимерных добавок. Применение модифицированного битума позволяет существенно улучшить все основные свойства асфальта – повысить его однородность, прочность, морозостойкость, трещиностойкость, влагостойкость, стойкость к высоким температурам и т.д.

Порошковую шинную резину уже давно используют в дорожном строительстве. Например, в США используют в этих целях порошок, полученный низкотемпературным измельчением шинной резины и подвергнутый затем химической модификации. Такой порошок обычно вводят в битум, получая после длительного перемешивания резино-битумное связующее, которое и используют при изготовлении асфальта. Процесс смешения битума с резиновым порошком сопровождается изменением основных свойств битума: происходит увеличение теплостойкости, снижение температуры хрупкости, увеличение деформируемости и т.д. В других случаях резиновый шинных порошок сначала перемешивают с минеральными компонентами асфальта, а затем заливают полученную смесь горячим битумом. Такой “асфальт-раббер” широко используют при строительстве дорог во всех южных штатах США. В дорожном строительстве активный порошок дискретно

девулканизованной шинной резины имеет вполне очевидные преимущества перед другими шинными порошками.

Прежде всего, он отличается более низкой стоимостью, не требует какой-либо дополнительной модификации, очень быстро растворяется в битуме, а его введение в асфальт сопровождается существенным улучшением свойств покрытия. Преимуществом активного порошка шинной резины является, в частности, то, что его можно вводить не только в горячий битум, но и непосредственно в минеральные компоненты асфальтобетона. Такая процедура приводит к более однородному распределению всех компонент асфальтовой смеси, причем никакого последующего разделения компонент, т.е. гетерогенизации смеси, не происходит. Поэтому в ряде экспериментов активный порошок шинной резины сначала перемешивали с минеральными компонентами асфальтобетона на стандартном смесительном оборудовании, затем заливали смесь горячим битумом и дополнительно перемешивали всего в течение 50-100 секунд. Несмотря на столь короткое время смешения, при этом происходит эффективное образование прочных связей между частицами резинового порошка, молекулами битума и минеральными компонентами смеси. В результате, существенно уменьшается температурный коэффициент прочности асфальтобетона, т.е. увеличивается температура размягчения дорожного покрытия.

Например, введение 2 вес.% активного резинового порошка в обладающий хорошими свойствами венгерский асфальт марки AB-12/F-G приводит к увеличению его температуры размягчения в два раза, при этом возрастают морозостойкость и упругость асфальтобетона. Как показали проведенные в Венгрии исследования, такая технология введения активного резинового порошка не сопровождается деструкцией макромолекул, что обеспечивает вполне удовлетворительные эластические свойства дорожного покрытия. Введение активного порошка приводит к резкому уменьшению температурного коэффициента прочности асфальтобетона и существенному увеличению стойкости к образованию колеи при многократном прохождении колеса (Рис. 11). Исследование срезов асфальтобетонов с помощью микроскопа показало, что введение резинового порошка привело к улучшению структуры материала за счет увеличения содержания замкнутых пор. Это коррелирует и с уменьшением величины коэффициента фильтрации воды. На основании полученных данных сделан вывод о том, что оптимальным для применения данной технологии является введение в асфальтобетон около 2 вес.% активного порошка шинной резины. Вследствие асфальтобетонного покрытия, содержащего активный резиновый порошок, оно обладает значительно большей сопротивляемостью к растрескиванию в зимних условиях по сравнению с существующими нормами для обычного асфальтобетона. Это открывает возможность для изготовления дорожного покрытия с очень высокой износостойкостью при крайне низких материальных затратах. Таким образом, использование указанного порошка может привести к разрешению одной из самых главных проблем разработки и строительства асфальтобетонных магистралей с повышенным сроком эксплуатации.

Срок службы асфальтобетонных покрытий, приготовленных с применением в качестве вяжущего битумов, модифицированных по новой технологии в 3 раза выше, чем срок службы покрытий с использованием немодифицированных битумов при тех же условиях эксплуатации. Покрытия позволяют в 2 раза снизить уровень шума и вибрации, уменьшить возможность образования ледяной корки, повысить сцепление, сократить тормозной путь.

Разработанные асфальтобетонные смеси для литьевой технологии укладки соответствуют самым жестким нормативным требованиям, хотя и изготавливаются на основе обычных, зачастую некондиционные, дорожные битумы типа БНД 60/90 и 90/130. Благодаря высокой адгезии и специфичным химическим свойствам вяжущих из резинобитумных композиций (РБК) отмечается эффект улучшения свойств уложенных покрытий со временем. В отличие от обычных литых асфальтобетонов значительно снижены сдвиговые деформации (колееобразование) в покрытиях при их эксплуатации. Наблюдается хорошее сцепление со старым покрытием, причём без какой-либо дополнительной обработки и подгрунтовки. Эти отличия позволяют упростить технологию ремонта дорог и избавиться от выравнивания и фрезерования дефектов старых покрытий в процессе эксплуатации. Благодаря этому отсутствует дальнейшее растрескивание прилегающих участков старых покрытий в процессе эксплуатации.

Путём изменения гранулометрического состава минеральной части асфальтобетонной смеси получена пористая структура, которая в хорошо подобранном составе смеси находится в пределах 4-5 % от массы смеси.

Определено оптимальное содержание битума, при котором у асфальтобетонной смеси выявлены наилучшие показатели.

Анализ полученных данных показал, что по комплексу параметров наибольшими потенциальными возможностями для улучшения свойств минеральных порошков обладает крошка высокомолекулярной нефтяной кислоты (ВМНК).

Для активизации минеральных порошков следует применять в активирующую смесь, содержащую анионные ПАВ в смеси с вязкими нефтяными битумами. Соотношение ПАВ и битума в активирующей смеси по массе должно быть 0,2:1.

Библиографический список:

1. ШЫХАЛИЕВ К.С. АССР. Обзорная информация, сер.”Транспорт”, Баку, АзНИИНТИ, 1982, с 12.
2. Şixaliev K.S. İstismardan çıxmış şinlərin təkrar emalı. ATİ, № 3. Bakı, 2002, 22s.
3. Руденский А.В., Хромов А.С., Марьев В.А. Отечественный и зарубежный опыт применения резиновой крошки для повышения качества дорожных битумов и асфальтобетонов. М.: 2005, № 2
4. Патент No 2266934 «Резиносодержащий полимерный модификатор битума» от 27.12.2005 г.
5. Heavy Duty Surfaces: The arguments for SMA – EAPA, 1998.
6. Золотарев В.А. О показателях качества битумов, модифицированных полимерами – Київ, 2006 р – (Збірник науковых статей); вып. 5; с. 200–221.
10. Руденская И.М., Руденский А.В. Реологические свойства битумов. – М.: Высш. школа. – 1967. – 119 с.
11. Патент No 2192400 «Битумопесчаная мастика для тонких слоев покрытий» от 10.11.2002 г.
12. Патент No 2186044 «Вяжущее для дорожного строительства» от 17.11.2002 г.
13. «Руководство по строительству дорожных и аэродромных одежд с асфальтобетонным покрытием в Азербайджанской Республике» (Азербайджанско-Германское СП «АзВИРТ» ТОО-Баку, 2005 г. 184 стр).
14. Смирнов Н.В., Смирнов Б.М., Булгаков А.П. (НПГ «ИНФОТЕХ»), Москва. «Химия». 2001, 450с.
15. Кирюхин Г.Н., Смирнов Е.А. //ОИ Автомобильные дороги. – 2003. No 2. – с. 96.
16. ГОСТ 31015-22002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичный – М.: 2002.
17. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия. – М.: «Транспорт». – 1992. – 256 с.
18. Руденский А., Смирнов М. Для всех климатических зон //Дороги России XXI века; – 2002. No 3
19. Основы технологии переработки пластмасс. Под редакцией Кулезнева и В.К. Гусева. Москва. «Химия». 1995. 645с.
20. Геллер Б.Э., Геллер А.А., Чиртулов В.Г. Практическое руководство по физикохимии волокнообразующих полимеров: Учебное пособие для Вузов; Москва. «Химия». 1995. 560с.
21. Берлин А.А., Вольфсон С.А., Принципы создания композиционных материалов. Москва. «Химия». 1990. 238с.
22. Патент No 2272795 «Полимерно-армирующий гранулированный стабилизатор для щебеночно-мастичного асфальтобетона» от 27.03.2006 г.
23. Бартнев Г.М., Зеленев Ю.В. Физика и механика полимеров. Москва. с.391. Высшая школа. 1980.

24. KS. Şixəliyev Polimerlərin parçalanma, köhnəlmə və yorulmasinda mexaniki-kimyəvi prosesler./ Elmi əsərlər. Fundamental elimlər. Bakı.№4, 2004, s. 39-41.
25. В.Г.Никольский. “Вторичные ресурсы”, №1, сс.48-51 (2002 г.).
26. Enikolopov N.S., Wolfson S.A., Nepomnjaschie A.J., Nikol’skii V.G., Teleshov V.A.,Filmakova L.A., Brinkman H., Pantzer E. And Uhland E. US Patent 4.607.797 (1986).
27. K.Khait and S.H.Carr. “Solid-State Pulverization: A New Polymer Processing and Power Technology”, Technomic Publishing Co., Lancaster-Basel, 2001, p.51. Berstorff US patent N 5.273.419 (1993).
28. K.Khait and S.H.Carr. “Solid-State Pulverization: A New Polymer Processing and Power Tehnology”, Technomic PublishingCo., Lancaster-Basel, 2001, p.57.
29. В.А.Приходько и Л.П.Гаранин. Патенты РФ № 2.042.511 (“Бюлл.Изобретений”, № 24, 1995 г.) и № 2.147.988 (“Бюлл.Изобретений”, № 12, 2000 г.).
30. Смеси асфальтобетонные, дорожные и аэродромные и асфальто-бетонные.Издательство стандартов. Москва. 1985. 341с.
31. К.С. Шихалиев, М.Т. Бабаева, И.М. Рустамов. Композиционные материалы на основе резиновой пыли. Elmi əsərlər. // № 1, Bakı 2003. s 50-52.
32. Асфальты, смолы. Пер. с англ. Москва «Химия», 1973. 240 с.
33. М.М.Касаткин. Переработка амортизованных автомобильных (авиационных) шин и отходов резины”, М., “Сигнал”, 2000 г., сс.29-30
34. В.Н.Балыбердин и В.Г.Никольский. Патент РФ № 2.167.056 (“Бюлл.Изобретений № 14, 2001 г.).
35. В.Н.Балыбердин и В.Г.Никольский. Патент РФ № 2.173.634 (“Бюлл. Изобретений № 26, 2001 г.).
36. Ю.С.Роткин, Л.Г.Морозов, Е.И.Тимонин, С.А.Комаров и др., Патент РФ № 2.128.115 (“Бюлл. изобрет.”) № 9, 1999 г.
37. Илиополов С.К. , Мардировова И.В. журнал «Автомобильные дороги», №7, «Эффективный модификатор-стабилизатор», с. 48-61.
38. Шихалиев К.С. Пути использования изношенных шин в Азербайджанской ССР. Обзорная информация, сер.”Транспорт”, Баку, АзНИИНТИ, 1982, с 14.
39. Патент 759954 Австралия, МПК (6).Co8 K 005/ 3462. Опубликовано 01.05.2003.
40. Патент Англии. № 0199885951 опубликовано 11.12. 2002.
41. Патент Англии. Tarag. Ind. Inc. Honma Yoshihira Morimoto Tsutomu. Yoshida Minori № 019988595.1. 11.12.2002.
42. Patent U.S.A. Polyplastik Co., Ltd Kanai Hiroyuki, Katsumata Toru № 09/533 28.01.2003.
43. Патент США General Electrik Co., Braat Adrianus J.F.M., David Benny, Guo Huo Lisko Iuraj, Chao Herb, P. № 6448327., 10.08.2000.
44. Патент Англии Bridgestone Corp., Mozita Koichi, Kondo Hajime, Yoichi Ozowa, № 827372; 20.10. 2002.
45. Патент России № 2200740 Россия, МПК^{7}C 08 F 236/10; 20.03.2003.
46. Патент 2204580 Россия МПК^7 CO9 K 3/10 CO8 L 23/22; 20.05.2005.
47. Исследование влияния резиновой крошки на физико-механические показатели нефтяного битума в процессе его модификации/ Беляев П.С., Забавников М.В., Маликов О.Г., Волков Д.С. / Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2005. Т. 11. №4. С. 923-930.
48. Тимофеев А.Г. Влияние комплексной модификации продуктами переработки вторичных резинотехнических материалов и полимерных отходов (ПЭТФ) на свойства дорожных битумов // Вестник ТГТУ. – Тверь, – вып.4. - С. 7-11.

49. Патент 2276116 Россия. Способ получения полимерно-битумной композиции //Миронов В.А., Кукушкин В.А., Тимофеев А.Г. и др. // Б.И. 2006. - №13.
50. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцвей, Н.В. Горелышев и др. / Под ред. Л.Б. Гезенцвея. 2-е изд. - М.: Транспорт, 1985. - 350 с.
51. Е.В.Платонов, Б.Ф.Драченко ГОССТРОЙИЗДАТ УССР, Киев 1963
52. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. – М.,1979.
53. Горчаков Г.Н., Баженов Ю.М. Строительные материалы. – М.,1986.
54. Сунгатова З. О., Мурузина Е. В., Хакимулин Ю. Н. Термоэластопласты для модификации битумов // Тезисы докладов международной конференции «Химия и экология композиционных материалов на основе битумных эмульсий и модифицированных битумов». – Минск. – 1999., с. 59.
55. Плотникова И.А. Исследование битумно-полимерных композиций как вяжущего материала для дорожных работ. – М., «Химия», -1961. –345 с.
56. Роззенталь Д.А. Модификация свойств битума полимерами: Темат. обзор. М., 1988. 49 с.
57. Резенталь Д.А. Повышение качества строительных битумов, 1976, 74 с.
58. Карпенко Ф.В. Битумные эмульсии, 1998, 194 с.
59. Фарберов И.Л. Термический и окислительный пиролиз топлив и высокополимерных материалов, 1966, 216 с.
60. Кирюхин Г.Н., Смирнов Е.А. //ОИ Автомобильные дороги. – 2003. No 2. – с. 96. ГОСТ 31015-22002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичный – М.: 2002. Heavy Duty Surfaces: The arguments for SMA – EAPA, 1998.
61. Исследования влияния резиновой крошки на физико-механические показатели нефтяных битумов. Вестник Тамбовского Государственного технического университета./ 2005 г. Т.11. № 4, с. 923-930.
7. Композиция на основе битума и резиновой пыли. Резиновая промышлен ность. Москва, 2005, с. 131-142.
8. Пособие по строительству асфальтобетонных покрытий и оснований авто-мобильных дорог и аэродромов. Москва. Союздор НИИ, 1991, с. 182.
9. Резинобитумный композиционный материал. Технические условия. ТУ 5718-004-0520977 в-01.
10. Шихалиев К.С. Пути использования изношенных шин в Азербайджанской ССР. Обзорная информация, сер.”Транспорт”, Баку, АзНИИНТИ, 1982, с 12.
11. Şixaliev K.S. İstismardan çıxmış şinlərin təkrar emalı. ATİ, № 3. Bakı, 2002, 22s.
12. Руденский А.В., Хромов А.С., Марьев В.А. Отечественный и зарубежный опыт применения резиновой крошки для повышения качества дорожных битумов и асфальтобетонов. М.: 2005, № 2
13. Патент No 2266934 «Резиносодержащий полимерный модификатор битума» от 27.12.2005 г.
14. Heavy Duty Surfaces: The arguments for SMA – EAPA, 1998.
15. Золотарев В.А. О показателях качества битумов, модифицирован-ных полимерами – Київ, 2006 р – (Збірник науковых статей); вып. 5; с.200-221
10. Руденская И.М., Руденский А.В. Реологические свойства битумов. – М.: Высш. школа. – 1967. – 119 с.

Микаилов Артур Алиширинович
Mikailov Artur Alishirinovich
инженер-проектировщик ОАО « НПП Алмаз »
E-mail: mikchov@yandex.ru

УДК 658.512

ПОНЯТИЕ О САМ-СИСТЕМАХ, ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ. ВНЕДРЕНИЕ САМ СИСТЕМ В ПРОИЗВОДСТВО. ХАРАКТЕРИСТИКА ОПЦИЙ БЭКПЛОТ (BACKPLOT) И ВЕРИФИКАЦИИ

THE CONCEPT OF SAM-SYSTEMS, HISTORY OF DEVELOPMENT. THE INTRODUCTION OF CAM SYSTEMS IN MANUFACTURING. FEATURE OPTIONS BACKPLOT (BACKPLOT) AND VERIFICATION

Аннотация: В современном мире с прогрессивным ростом технологий, для достижения успеха в промышленном производстве требуется соответствие ряду параметров, а именно: минимизация времени выхода продукции на рынок, снижение ее себестоимости и повышение качества. В настоящее время эти требования позволяют удовлетворить САМ системы. Внедрение САМ систем является неотъемлемой частью автоматизации производства на этапе технологической подготовки производства, и неизбежно ведёт к повышению эффективности предприятий, значительно увеличивает их гибкость, номенклатуру производимых изделий.

Abstract: In today's world with progressive growth of technology, to succeed in industrial production require compliance with a number of parameters, namely: minimization of the time of the release products on the market, reducing its costs and improving quality. Currently, these requirements help to satisfy ITSELF of the system. The introduction of CAM systems is an integral part of production automation at the stage of technological preparation of production and inevitably leads to higher efficiency of enterprises, greatly increases their flexibility, the range of manufactured products.

Ключевые слова: САМ системы, внедрение, характеристика опций.

Keywords: CAM system, introduction, characteristics of options CAM system.

САМ (Computer Aided Manufacturing) системы представляют собой некую компьютерную поддержку изготовления. Данные системы предназначены для проектирования обработки изделий на станках с числовым программным управлением (ЧПУ) и выдачи программ для этих станков таких как: фрезерных, сверлильных, эрозионных, пробивных, токарных, шлифовальных и многих других. Важно сказать, что САМ системы еще называют автоматизированными системами технологической подготовки производства (АСТПП). В настоящее время данные системы проектирования являются практически единственным способом для изготовления сложнопрофильных деталей и сокращения цикла их производства.

История развития рынка CAD/CAM/CAE-систем делится на три основных этапа, каждый из которых длился, примерно, по 10 лет. Первый этап начался в 70-е годы. Во время первого этапа был получен ряд научно-практических результатов, доказавших принципиальную возможность проектирования сложных промышленных изделий.

Во время второго этапа (80-е гг.) появились и начали быстро распространяться CAD/CAM/CAE-системы массового применения.

Третий этап развития рынка (с 90-х годов. до настоящего времени) характеризуется совершенствованием функциональности CAD/CAM/CAE-систем и их дальнейшим распространением в высокотехнологичных производствах.

На начальном этапе пользователи CAD/CAM/CAE - систем работали на графических терминалах, присоединенных к мэйнфреймам производства компаний IBM и Control Data, или же мини-ЭВМ PDP/11. Большинство таких систем предлагали фирмы, продававшие одновременно аппаратные и программные средства. У мэйнфреймов того времени был ряд существенных недостатков, к примеру, при разделении системных ресурсов слишком большим числом пользователей нагрузка на центральный процессор увеличивалась до такой степени, что работать в интерактивном режиме становилось трудно. Однако же в данный период времени пользователям CAD/CAM/CAE-систем

ничего, кроме громоздких компьютерных систем с разделением ресурсов (по устанавливаемым приоритетам), предложить было нечего, по причине того, что микропроцессоры были еще весьма несовершенными. Развитие приложений для проектирования шаблонов печатных плат и слоев микросхем сделало возможным появление схем высокой степени интеграции (на базе которых и были созданы современные высокопроизводительные компьютерные системы). В течение 80-х гг. был осуществлен постепенный перевод CAD-систем с мэйнфреймов на персональные компьютеры (ПК). Важно сказать, что в начале 80-х гг. произошло расслоение рынка CAD-систем на специализированные секторы. Электрический и механический сегменты CAD-систем разделились на отрасли ECAD и MCAD. Разошлись по двум различным направлениям и производители рабочих станций для CAD-систем, созданных на базе ПК: часть производителей сориентировалась на архитектуру IBM PC на базе микропроцессоров Intel x86, другие производители предпочли ориентацию на архитектуру Motorola.

К середине 80-х гг. возможности архитектуры Motorola были полностью исчерпаны. На основе передовой концепции архитектуры микропроцессоров с усеченным набором команд (Reduced Instruction Set Computing - RISC) были разработаны новые чипы для рабочих станций под ОС Unix. Архитектура RISC позволила существенно повысить производительность CAD-систем. С середины 90-х гг. развитие микротехнологий дало возможность для успешного соревнования рабочих станций на базе ПК с RISC/Unix-станциями. Системы RISC/Unix были широко распространены во 2-й половине 90-х гг., и их позиции все еще сильны в сегменте проектирования интегральных схем.

Внедрение CAM систем является неотъемлемой частью автоматизации производства на этапе технологической подготовки производства, и неизбежно ведёт к повышению эффективности предприятий, значительно увеличивает их гибкость, номенклатуру производимых изделий.

В современном производстве, при обработке металла резанием, все чаще применяется высокопроизводительное оборудование оснащенное ЧПУ, такие как: фрезерные станки, оборудование токарной группы, электроэрозионные станки и различные обрабатывающие центры.

Ключевым моментом работы на оборудовании с ЧПУ является создание управляющей программы. Управляющая программа создается в виде кодов ISO (G и M коды), содержащих различные команды и координаты передвижения инструмента, а в некоторых случаях и заготовки.

Написание управляющей программы вручную , в большинстве случаев неоправданно трудоемкий и долгий процес. С данной задачей не один десяток лет успешно справляются автоматизированные CAM системы.

При помощи CAM систем технолог-программист задает различные сложные тракектории движения инструмента, обеспечивающие высокую производительность, точность и качество обрабатываемых поверхностей. Примерами высокопроизводительной обработки могут служить траектории ВСО (высоко скоростная обработка) в программе MasterCAM. При использовании ВСО создаются плавные движения инструмента по сложным траекториям, увеличивающим съем металла и глубину реза, а также стойкость режущего инструмента, а благодаря плавным движениям инструмента уменьшается нагрузка на станок, улучшается качество обрабатываемых поверхностей. Однако с производительностью увеличивается и сложность управляющих программ, и неизбежно перед запуском готовой программы на станке возникает необходимость её проверки на предмет правильности траектории движения рабочего инструмента.

Для визуализации процесса обработки и оценки реальной картины позиционирования, в CAM-системах используются функции бэкплота и верификации. Опция бэкплот (Backplot) позволяет программисту-технологу просматривать перемещения режущего инструмента в виде линий траектории по 3D модели. Окончательная проверка управляющей программы производится с помощью функции верификации.

Особенность функции верификации заключается в компьютерной имитации процесса обработки с визуализацией удаления материала. Процесс верификация даёт возможность просмотреть на обработку детали в любой промежуток времени и окончательный результат в виде модели готовой детали.

С помощью опции верификации проверяется правильность обработки .CAM системы работают с трёхмерными моделями, однако в связи с использованием множества различных CAD систем возникает проблема передачи геометрии в стороннюю систему, даже при наличии

стандартизованных обменных форматов, это может привести к несоответствию управляющей программы и трёхмерной модели .

Так же проверяются возможные зарезы, подходы инструмента. Функция верификации позволяет выявить возможное несоответствие до обработки детали на оборудовании, и в случае обнаружения ошибки,она своевременно исправляется.

Для обработки деталей сложных форм решением будет использование многоосевого модуля, данный вид обработки позволяет получить готовую деталь в один или несколько установок, в кротчайшие сроки и с требуемой точностью.

При обработке сложных деталей, а так же обработки деталей на многоосевых станках и обрабатывающих центрах, функция верификации является незаменимой. Для корректной работы данной опции, является необходимым постпроцессорс полной и точной симуляции работы станка, а так же правильная база режущего инструмента и оснастки.

Внедрение CAM систем наряду с использованием CAD, CAE, а также PDM систем, совместно с использованием высокопроизводительного инструмента, является ключевым и одним из важнейших этапов повышения производительности на пути к повышению качества детали при сокращении времени на изготовление готовой продукции. Следовательно, рациональное использование вышеупомянутых инструментов может спасти множество предприятий, находящихся на грани закрытия по причине не эффективности, а также следует сказать, что вышеперичисленные инструменты являются одним из главных факторов успешного производства.

Библиографический список:

1. Гжиров Р.И., Серебреницкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник. – СПб. 1990. 440 с.

2. В. Клишин, В. Климов, М. Пирогова. Интегрированные технологии Computervision. Открытые системы. # 2. 1997. с. 37-42.

3. Кунву Ли. Основы САПР. СПб. 2004. 420 с.

4. Ловыгин А.А., Васильев А.В., Кривцов С. Ю. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM системами. М. ДМК-Пресс. 2015. 280 с.

5. Мазеин П.Г., Шаламов А.В. Сквозное автоматизированное проектирование в CAD/CAM системах. Челябинск. ЮУрГУ. 2002. 110 с.

6. Муленко В.В. Компьютерные технологии и автоматизированные системы в машиностроении. М. Астра. 2015. 80 с.

7. Олифер В.Г. Сетевые операционные системы. СПб. 2002. 538 с.

8. Степанов А.И. Pro/ENGINEER: Справочник. СПб. 2001. 400 с.

9. Троицкий Д.И. .Информационные технологии в машиностроении. М. Объединенное научно-техническое издательство. 2000. 310 с.

10. Хокс Б. Автоматизированное проектирование и производство. М. Мир. 1991. 223 с.

Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2017