



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ КҰРҒАҚ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

АВТОМОБИЛЬ ЖОЛДАРЫ КОМИТЕТІ
КОМИТЕТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ҚАЗАҚСТАН ЖОЛҒЫЛЫМ-ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ
КАЗАХСТАНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

QAZJOLGZI

ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

QAZAQ HIGHWAY
SCIENCE AND INNOVATION



QAZJOLGZI

ҚАЗАҚСТАН ЖОЛ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ

«ҚазжолҒЗИ» АҚ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ АО «КаздорНИИ»

QAZAQ HIGHWAY SCIENCE AND INNOVATION

Рецензируемый журнал открытого доступа, зарегистрированный Министерством культуры и информации Республики Казахстан

Свидетельство о постановке на учет № KZ25VPY00119665 от 26.04.2024

ISSN (Online): 3105-7160

Учредитель: АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт»

Тематическая направленность: публикация научных материалов по вопросам проектирования, строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений, а также диагностики автомобильных дорог

БАС РЕДАКТОРЫ – ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Мухамбеткалиев Кайрат Куаншкалиевич – кандидат технических наук, руководитель научного центра исследований и разработок АО «КаздорНИИ»

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ – РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Амирбаев Ерик Дихамбаевич – Вице-президент АО «КаздорНИИ»

Мухамбеткалиев Кайрат Куаншкалиевич – кандидат технических наук, руководитель научного центра исследований и разработок АО «КаздорНИИ»

Ашимова Салтанат Жандарбековна – доктор PhD, руководитель отдела ДСМиНТ Филиала АО «КаздорНИИ» г. Алматы

Тілеу Кұрманғазы Байғазыұлы – доктор PhD, руководитель управления цифровизации

Токпатаева Райхан Уалихановна - доктор PhD, старший специалист лабораторного отдела, Школа Строительной Инженерии им. Лайлс, Университет Пурдью (Purdue University)

Жумагулова Адия Аскаровна – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, и.о. доцента кафедры «Технология промышленного и гражданского строительства», НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева»

Жумамуратов Манарбек Бахтиярұлы – младший научный сотрудник научного центра исследований и разработок АО «КаздорНИИ», ответственный секретарь

Смагулова Мария Кусаиновна – младший научный сотрудник научного центра исследований и разработок АО «КаздорНИИ», ответственный секретарь

Периодичность выхода: 4 раза в год

Адрес: Республика Казахстан, г. Астана, ул. Жекебатыр, 35

Тел.: +7 (7172) 72-98-17

E-mail: qazjolgzi@gmail.com

Сайт: <https://science-jolshy.qazjolgzi.kz/ru>

МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ – CONTENTS

1. *А. Алибаева, Е. Амирбаев, М. Жумамуратов*
**ЖОЛ ЖАБЫНЫ МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ
ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН АРТТЫРУ: ЭКОЛОГИЯЛЫҚ 4**
**КӨРСЕТКІШТЕРДІ ЖАҚСARTУ ҮШІН БИТУМҒА
ӨЗГЕРТЕТІН ҚОСПАЛАРДЫ БАҒАЛАУ**
2. *Г. Асанова, Қ. Мухамбеткалиев, З. Өмірбекова, Б. Чугулев,
А. Ибраева*
ЦЕМЕНТ-БЕТОН ЖОЛДАРЫНЫҢ САПАСЫН 11
**РЕНТГЕНДІК ДИФРАКТОМЕТРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ
ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ АРҚЫЛЫ БАҒАЛАУ**
3. *Д. Закиржан, А. Фазылжанова, Т. Агавов*
АНАЛИЗ ПРИЧИН ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ 22
ПРОИСШЕСТВИЙ В КАЗАХСТАНЕ (2020–2024 ГОДЫ)
4. *Г. Abdukalikova, L. Utepbergenova, A. Gaisina*
TO THE ISSUE OF RAILROAD WATER SUPPLY 37
5. *Д. Алижанов, Г. Назаренко, Т. Женисов, А. Агисова*
ТҰРАҚТЫ ЖОЛ ЖАБЫНДАРЫ: ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТАЗА 44
**ҚОСПАЛАРДЫҢ БИТУМНЫҢ ЕНУ ДӘРЕЖЕСІНЕ ӘСЕРІН
БАҒАЛАУ**
6. *А. Серик, А. Жумагулова*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ В 52
АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЯХ



<https://doi.org/10.71031/qhsi.2024.v1.i3.001>

**ЖОЛ ЖАБЫНЫ МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН АРТТЫРУ:
ЭКОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРДІ ЖАҚСARTУ ҮШІН БИТУМҒА
ӨЗГЕРТЕТІН ҚОСПАЛАРДЫ БАҒАЛАУ**

Арман Алибаева¹, Ерик Амирбаев¹, Манарбек Жумамуратов^{1,2*}

¹«Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ, Астана, Қазақстан

²Л. Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы, Қазақстан

*Корреспондент автор: zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Аңдатпа. Битум – Қазақстандағы автомобиль жолдарын салу мен жөндеуде қолданылатын негізгі компоненттердің бірі. Ол минералды компоненттерді біріктіріп, асфальтбетон қоспаларында төзімді жол жабынын қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. Елдің климаты жол материалдарына ерекше талаптар қояды. Төзімділікті қамтамасыз ету үшін әртүрлі климаттық аймақтарға сәйкес әртүрлі битум маркалары қолданылады: оңтүстік аймақтарда 70/100 және одан төмен маркалар, ал солтүстік өңірлерде 100/130. Мұндай айырмашылықтар битумның жоғары температурада жұмсарып кетуінен немесе төмен температурада жарықтар пайда болуынан сақтануға мүмкіндік береді.

Алайда битум уақыт өте келе қартаяды, бұл оның серпімділігіне, адгезиясына және деформацияға төзімділігіне кері әсер етеді. Бұл мәселені шешу үшін соңғы уақытта битум қасиеттерін жақсартатын модификациялаушы қоспаларды қолдану жиілеп отыр. Бұл зерттеудің мақсаты – битумның жасанды қартаюдан кейінгі қасиеттеріне қоспалардың әсерін бағалау, соның ішінде ине ену әдісімен талдау жүргізу.

Түйінді сөздер: битум, жол құрылысы, климаттық аймақтар, қартаю, модификациялаушы қоспалар, ине ену әдісі, төзімділік, асфальтбетон.

Кіріспе

Қазақстанның климаттық жағдайлары – жаздың аптап ыстығынан қыс мезгіліндегі қатты аязға дейін – жол құрылыс материалдарының сапасына ерекше талаптар қояды [1,2]. Битум температураның күрт өзгерістеріне төзімді болып, әрі ыстықта, әрі суықта өз қасиеттерін сақтауы тиіс. Елдің оңтүстік өңірлерінде жазғы температура 50°C-қа дейін жетуі мүмкін, бұл жол жамылғысының қызып, асфальттың жұмсаруына алып келеді. Ал солтүстік өңірлерде керісінше, жол жамылғысы аяз бен үсікке ұшырап, жарылып кету қаупі жоғары [3]. Осы себепті Қазақстанның әртүрлі климаттық аймақтарына әртүрлі маркалы битум қолданылады: әдетте 70/100 маркалы битум – оңтүстікке, ал 100/130 – солтүстікке, бұл жолдардың ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етуге көмектеседі.

Битум жол құрылысы үшін өте маңызды компонент болып табылатыны сөзсіз, дегенмен оның физикалық-механикалық қасиеттері сыртқы факторлардың әсерінен өзгеріске ұшырайды. Мұндай факторларға температура, ультракүлгін сәулелер және механикалық жүктемелер жатады. Битумның негізгі мәселелерінің бірі – оның қартаюы, бұл оның серпімділігіне, жабысқақтығына және деформацияға төзімділігіне кері әсер етеді, ал бұл өз кезегінде жол жамылғысының беріктігіне теріс ықпал етеді [4].

Қатаң климаттық әсерлер жағдайында битум қасиеттерін жақсарту үшін модификациялаушы қоспаларды қолдану барған сайын өзекті болуда. Мұндай қоспалардың қартаюдан кейінгі битумға әсерін пенетрация әдісі сияқты тәсілдермен бағалау – жол құрылыс материалдарының сапасын арттыру және асфальт жамылғыларының қызмет ету мерзімін ұзарту үшін маңызды міндет болып табылады.

Зерттеудің мақсаты – RTFOT камерасында жасанды қартаюдан кейінгі битум қасиеттеріне модификациялаушы қоспаның әсерін пенетрация әдісі арқылы зерттеу.

Зерттеу мақсатына сәйкес келесі міндеттер қойылды:

1. Битумды RTFOT камерасында жасанды қартайту арқылы қартаю жағдайларын модельдеу;
2. Модификатор қосылғанға дейін және кейін битумның пенетрациясындағы өзгерістерді бағалау;
3. Модификацияланған және модификацияланбаған битумдардың пенетрация нәтижелерін салыстыру;
4. Модификациялаушы қоспаның битумның қартаюға төзімділігін арттырудағы тиімділігін анықтау;
5. Жол құрылысында битумды материалдардың ұзақ мерзімділігін арттыру үшін модификациялаушы қоспаларды қолдану мүмкіндігі туралы қорытынды жасау.

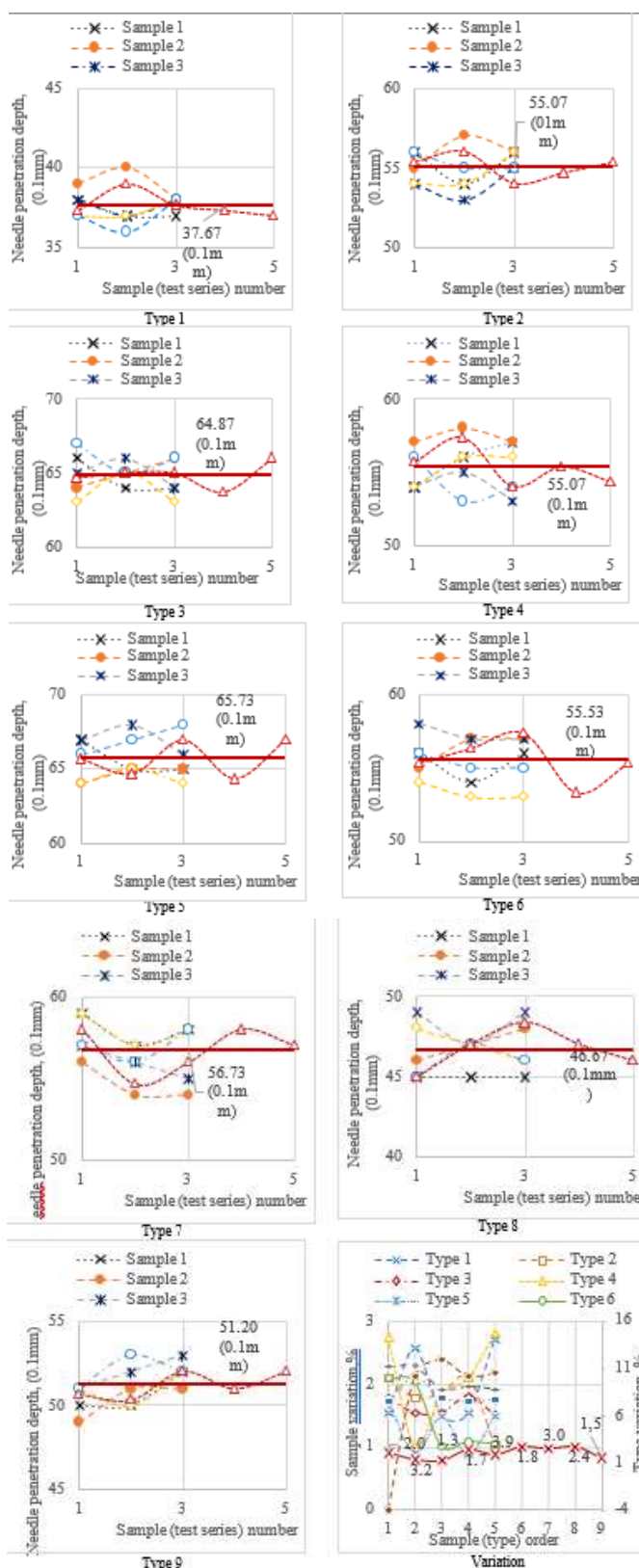
Әдістеме

Ену сынақтары ҚР СТ 1226-2023 стандартты әдісіне сәйкес жүргізілді. Сынақтардың мақсаты әртүрлі температурадағы битум консистенциясының өзгеруін анықтау болды. Тәжірибелер 0 және 25 °C температурада жүргізілді. жеке нәтижелерді салыстыру үшін әрбір үлгі үшін Үш сынақ жүргізілді. Әрбір үлгі үшін қате есептелді, ол орташа мәннің $2 \times 0,1$ мм-ден 4% - ға дейін аспауы керек. Сондай-ақ, репродуктивтілік $7 \times 0,1$ мм-ге дейін немесе орташа мәннің 20% - на дейінгі төзімділікпен бес үлгі бойынша бағаланды.

Битумның физикалық-механикалық сипаттамаларының өзгеруін бағалау үшін қайталама сынақтар ОЛАРДЫҢ қартаюынан кейін RTFOT камерасында ҚР СТ 1224-2023 стандартты әдістемесіне сәйкес жүргізілді [5]. Камерадағы битумның қартаюы айналмалы колбадағы ауа ағындарымен 163 ± 100 c температурада 75 ± 1 минут қыздыру нәтижесінде битум пленкасының үнемі жаңарып отыруынан болады. Барабанның айналу жиілігі $0,25 \pm 0,003$ c - 1/15, $0 \pm 0,2$ шірік/мин, ауа шығыны 4000 ± 200 мл/мин болды. Эксперименттік үлгілердің саны, сондай-ақ қателік критерийлері бастапқы сипаттамаларды бағалау бойынша сынақтарға ұқсас.

Нәтижелер және талқылау

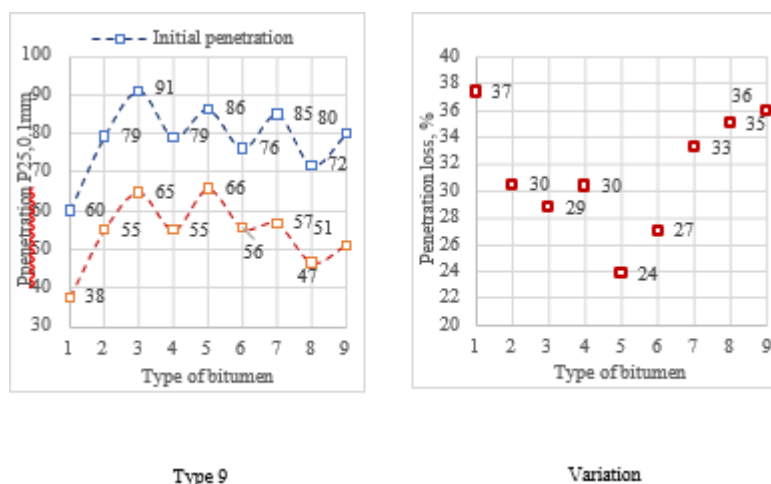
1 суретте битум үлгілерінің әрқайсысының қартаюынан және вариация коэффициенттерін салыстырғаннан кейін 25°C температурада иненің енуінің ішінара және орташа мәндері көрсетілген. Ординат осі сынақтарда иненің ену шкаласын көрсетеді, өлшенген бірлік 0,1 мм. абсцисса осі әрбір үлгідегі (Үлгі нөмірі) өлшемдердің реттік нөмірлерін (1-3) және сыналған үлгілер бөліміндегі сынақ серияларының реттік нөмірлерін (1-5) көрсетеді. (Сынақ сериясының нөмірі).



Сурет 1 – Битум қартайғаннан кейін иненің ену нәтижелері.

Алынған нәтижелерге сәйкес, 1 типті үлгілердің 25°С (Р25) температурасындағы ену мәндері (37.00-39.00) х0, 1мм диапазонында жатыр, өзгеру коэффициенті 2,71% - дан аспайды. 2 типті үлгілердің Р25 мәндері (54.00-56.00) х0.1мм диапазонында, өзгеру коэффициенті 2,09% - дан аспайды. Максималды р25 мәндері де (осы үлгі түрінің ең аз Р0 мәнінен айырмашылығы) 3 типті үлгілерде кездеседі, (63,67-66,00) х0, 1 мм, максималды

өзгеру коэффициенті 1,82%. 4 типті үлгілерде P0 мәндері 2 типті үлгілерге ұқсас, (54,00-57,33) x0, 1 мм диапазонында орналасқан, барлық үлгілердің өзгеру коэффициенті 2,82% - дан аспайды. 5 типті үлгілердің P25 мәндері (64,33-67,00) x0, 1 мм, ал вариация 1,76% - дан аспайды. 6 типті үлгілердің P25 мәндері (53,33-57,33) x0, 1 мм, ал максималды өзгеру коэффициенті 2,09% құрайды. 7 типті үлгілер (54,67-58,00) x0, 1 мм Келесі P25 мәндерін көрсетті, ал вариация коэффициенті 2,12% - дан аспайды. 8 типті үлгілер P25 (45,00 - 48,33) x0, 1 мм ең төменгі мәндерін көрсетті, максималды өзгеру коэффициенті 2,39% құрайды. 50/70 үлгілерді өзгерткеннен кейін p25 қалдық мәндері (50,33-52,00) x0, 1 мм болды және нәтижелердің тұрақтылығы сақталды, вариацияның максималды коэффициенті 2,28% құрайды. 2, 3, 5 және 9 битум түрлері үшін барлық үлгілердің (әр түрдің 5 үлгісі) бөліміндегі орташа жеке мәндердің өзгеру коэффициенттері 2,0% - дан аспайды, бұл алынған енудің орташа мәндерінің жоғары репродуктивтілігін көрсетеді және олардың битумның белгілі бір түрін сынау кезіндегі жоғары сенімділігі. Аз, бірақ орташа ену мәндерінің жеткілікті жоғары конвергенциясы битумның 1, 4 және 7 типтерін көрсетті, вариация коэффициенттері 2,5% - дан аспайды. Орташа мәндердің ең аз тұрақтылығы 6 және 8 битум түрлерінде байқалды, мұнда вариация коэффициенттері 2,7% құрады. Қалай болғанда да, алынған нәтижелерді жарамды деп санауға болады, анықталған ауытқулар рұқсат етілген мәндерден аспайды. 2-суретте үлгілердің қартаюына дейін және одан кейінгі орташа ену мәндерін салыстыру нәтижелері көрсетілген. 2а суретте енудің абсолютті мәндері, 2в Суретте енудің пайыздық төмендеуінің орташа мәндері көрсетілген. Визуализация үшін әр түрлі үлгілердің барлық бастапқы ену мәндері сызықпен, сондай-ақ битумның қартаюынан кейінгі барлық ену мәндерімен біріктіріледі (яғни сызық шартты, жеке мәндердің байланысын білдірмейді).



Сурет 2 – Битумның қартаюына дейінгі және кейінгі орташа ену мәндерінің салыстырмалы нәтижелері.

Алынған нәтижелерге сәйкес, ену енуінің орташа жоғалту мәндерінің ең жоғарғысы 1 және 9-типтегі үлгілерде байқалды, яғни төмен маркалы битум және оның модификацияланған үлгісі – сәйкесінше 37% және 36%. Бұл жағдай табиғи құбылыс, себебі төмен маркалы битумдар массаның аз жоғалуымен сипатталады, бірақ ену тереңдігінің едәуір азаюымен ерекшеленеді, бұл өз кезегінде битумның тұтқырлық және қозғалғыштық секілді реологиялық қасиеттерімен байланысты.

Сондай-ақ ену жоғалтудың жоғары мәндері 7 және 8-типтегі үлгілерде анықталды – тиісінше 33% және 35%. Ең төмен ену жоғалту мәндері 5-типтегі үлгілерде байқалды – 24%-дан аспайды. Салыстырмалы түрде аз жоғалту 6-типтегі үлгілерде байқалады – 27%. Ал қалған 2, 3 және 4-типтегі битумдарда жоғалту деңгейі орта есеппен 27–30% аралығында.

Кері көрсеткішті – яғни, 25°C температурадағы ине енуінің бастапқы мәнге қатысты пайыздық көрсеткішін алсақ, барлық алынған мәндер рұқсат етілген ең жоғары шек – 50%-дан аспайды [7].

Жоғары маркалы үлгілердің (2–8-типтер) қартаюынан кейінгі ине ену көрсеткіштерінің нәтижелері бойынша орташа мән – 57.13×0.1 мм. Сонымен қатар барлық үлгілердің аралығында салыстырмалы түрде жоғары шашыраңқылық байқалады, бұл дисперсия коэффициентінің 12% болуымен расталады (квадраттық ауытқу – 6.5).

Модификацияланған үлгілердің қалдық ине ену көрсеткіші 51.20×0.1 мм құрады. Бұл көрсеткіш жоғары маркаларға қарағанда төмен болғанымен, кейбір жоғары маркаларға тән жеке көрсеткіштерден асып түседі. Жоғары маркалы битум өндірушілерінің әртүрлілігіне байланысты дисперсия коэффициентін ескере отырып, бұл айырмашылық статистикалық ауытқу ретінде қарастырылады және 70/100 маркалы битум деңгейіне жатқызылуы мүмкін.

Қорытынды

1. Әртүрлі өндірушілердің битум маркаларын ине ену тереңдігіне байланысты анықтау үшін сынақтар жүргізілді. Зерттеудің мақсаты – төмен маркалы битумды модификациядан кейін жұмсартуды бағалау және оның жоғары маркалы битумның бақылау және орташа көрсеткіштеріне сәйкестігін анықтау болды.

2. Төмен маркалы битумды модификациялау тиімділігін бағалау үшін бақылау көрсеткіші ретінде әртүрлі өндірушілерден алынған үлгілердің 25°C температурадағы ине ену көрсеткіштері (модификацияға дейін және кейін) қолданылды.

3. Өлшеулер нәтижесінде төмен маркалы битумның бақылау үлгілерінің орташа ине енуі 60.13×0.1 мм құрағаны анықталды, ал жоғары маркалар 71.8×0.1 мм-ден 91.0×0.1 мм аралығында өзгеріп отырды, бұл өндірушіге байланысты болды.

4. Қартаюдан кейін төмен маркалы үлгілер ену тереңдігінің 37% жоғалуын көрсетті, ал жоғары маркаларда бұл көрсеткіш 24–35% аралығында болды. Модификацияланған төмен маркалы үлгілерде де ену жоғалту деңгейі жоғары болып қала берді, бірақ ол жоғары маркалар үшін орташа диапазон – 51.2% шегінде болды.

5. Жоғары маркалы битумның орташа қалдық ине ену көрсеткіші 57.13×0.1 мм екенін ескере отырып, төмен маркалы битумның (дисперсия коэффициенті 12%) қалдық ену көрсеткіші 45.06 – 57.34×0.1 мм аралығында болады, бұл жетілдіру мақсатына қол жеткізілгенін көрсетеді.

Әдебиеттер тізімі

1. R. Lukpanov, D. Tsigulyov, S. Yenkebayev, Z. Zhantlessova, *E3S Web of Conferences*, 371, 02028 (2023)
2. D. S. Dyusseminov, T. Awwad, Y. Y. Sabitov, A. A. Zhumagulova, Zh. A. Shakhmov, Zh. Kaliyeva, D. O. Bazarbayev, *Magazine of Civil Engineering*, 123(7) (2023)
3. M. Zh. Zhurinov, B. B. Teltayev, Y. D. Amirbayev, A. O. Elschibayev, *Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының хабаршысы*, Геология және техникалық ғылымдар сериясы, 6(444), 261–267 (2020)
4. K. Aryngazin, M. Zhulasheva, A. Abisheva, A. Takirova, D. Aligozhina, *Technobius*, 2(1), 0012 (2022)
5. СТ РК 1224-2003. *Битум және битумдық байлағыштар. Қыздыру мен ауа әсерінен қартаюға төзімділікті анықтау әдістері* (ҚазЖолҒЗИ АҚ, 2003)
6. S. Alizadeh, G. Shafabakhsh, M. Sadeghnejad, *International Journal of Pavement Engineering*, 24(2) (2023)
7. F. Maghool, A. Arulrajah, B. Ghorbani, S. Horpibulsuk, *Construction and Building Materials*, 320, 126108 (2022)

8. C. A. Vargas, A. El Hanandeh, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26(2), 447–465 (2024)
9. R. Veropalumbo, C. Oreto, N. Viscione, F. Russo, *Transportation Research Procedia*, 69, 225–232 (2023)
10. T. B. Vishnu, Kh. L. Singh, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 25(3), 1519–1533 (2023)
11. P. Caputo, V. Algieri, L. Maiuolo және басқалар, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 663, 131079 (2023)

Авторлар туралы мәліметтер (үш тілде):

Арман Алибаева – «ҚазжолҒЗИ» АҚ Президенті, Астана, Қазақстан, a.alibayeva@qazjolgzi.kz

Арман Алибаева – Президент АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, a.alibayeva@qazjolgzi.kz

Arman Alibayeva – President of JSC KazdorNII, Astana, Kazakhstan, a.alibayeva@qazjolgzi.kz

Ерик Амирбаев – «ҚазжолҒЗИ» АҚ Вице-президенті, Астана, Қазақстан, e.amirbaev@qazjolgzi.kz

Ерик Амирбаев – Вице-президент АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, e.amirbaev@qazjolgzi.kz

Yerik Amirbayev – Vice president of JSC KazdorNII, Astana, Kazakhstan, e.amirbaev@qazjolgzi.kz

Манарбек Жумамуратов – Жас ғылыми қызметкер, Ғылыми зерттеу және дамыту орталығы, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана, Қазақстан, zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Манарбек Жумамуратов – Младший научный сотрудник Научного центра развития и инноваций, АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Manarbek Zhumamuratov – Junior Researcher, Research and Development Center, JSC “KazdorNII”, Astana, Kazakhstan, zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Авторлардың үлесі (әр автордың тиісті үлесін көрсетіңіз):

Арман Алибаева – тұжырымдама, әдістеме, ресурстар, деректерді жинау, тестілеу, модельдеу, талдау, визуализация, интерпретация, мәтінді дайындау, редакциялау, қаржыландыру алу.

Ерик Амирбаев – тұжырымдама, әдістеме, талдау, интерпретация, редакциялау.

Манарбек Жумамуратов – ресурстар, қаржыландыру алу, редакциялау.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Жасанды интеллектті (AI) пайдалану: Мақаланы дайындау барысында жасанды интеллект пайдаланылған жоқ.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ: ОЦЕНКА МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК В БИТУМ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Арман Алибаева¹, Ерик Амирбаев¹, Манарбек Жумамуратов^{1,2*}

¹АО «Казахский дорожный научно-исследовательский институт», Астана, Казахстан

²Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л. Б. Гончарова, Алматы,
Казахстан

*Корреспондент автор: zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Аннотация. Битум является одним из основных компонентов, используемых при строительстве и ремонте автомобильных дорог в Казахстане. Он связывает минеральные компоненты и играет ключевую роль в формировании долговечного дорожного покрытия в асфальтобетонных смесях. Климат страны предъявляет особые требования к дорожным материалам. Для обеспечения долговечности в различных климатических зонах применяются разные марки битума: в южных регионах марки 70/100 и ниже, в северных 100/130. Такие различия позволяют избежать размягчения битума при высоких температурах и появления трещин при низких. Однако со временем битум стареет, что отрицательно сказывается на его эластичности, адгезии и устойчивости к деформациям. Для решения этой проблемы в последние годы всё чаще применяются модифицирующие добавки, улучшающие свойства битума. Цель данного исследования – оценка влияния добавок на свойства битума после искусственного старения, включая анализ методом проникновения иглы.

Ключевые слова: битум, дорожное строительство, климатические зоны, старение, модифицирующие добавки, метод проникновения иглы, долговечность, асфальтобетон.

ENHANCING SUSTAINABLE PAVEMENT MATERIALS: ASSESSING MODIFYING ADDITIVES IN BITUMEN FOR IMPROVED ENVIRONMENTAL PERFORMANCE

Arman Alibayeva¹, Yerik Amirbayev¹, Manarbek Zhumamuratov^{1,2*}

¹Kazakhstan Road Research Institute JSC, Astana, Kazakhstan

²L. B. Goncharov Kazakh Automobile and Road Institute

*Corresponding author: zhumamuratovmanarbek@gmail.com

Abstract. Bitumen is one of the main components used in the construction and repair of highways in Kazakhstan. It binds mineral components and plays a crucial role in forming durable pavement in asphalt concrete mixtures. The country's climate places special demands on road materials. To ensure durability, different grades of bitumen are used in various climatic zones: grades 70/100 and lower in southern regions, and 100/130 in northern regions. Such differences help prevent bitumen from softening at high temperatures and cracking at low ones. However, over time, bitumen ages, which negatively affects its elasticity, adhesion, and deformation resistance. To address this issue, recent years have seen increased use of modifying additives that improve bitumen properties. The aim of this study is to evaluate the effect of additives on bitumen properties after artificial aging, including analysis by the needle penetration method.

Keywords: bitumen, road construction, climatic zones, aging, modifying additives, needle penetration method, durability, asphalt concrete.



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



<https://doi.org/10.71031/qhsi.2024.v1.i3.002>

ЦЕМЕНТ-БЕТОН ЖОЛДАРЫНЫҢ САПАСЫН РЕНТГЕНДІК ДИФРАКТОМЕТРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ АРҚЫЛЫ БАҒАЛАУ

Галия Асанова^{1,2*}, Қайрат Мұхамбетқалиев^{1,3}, Зәуреш Өмірбекова¹, Бексұлтан
Чугулев^{1,3}, Айшолпан Ибраева¹

¹«Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ, Астана, Қазақстан

²Л. Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты

³Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

*Жауапты автор: g.asanova@qazjolgzi.kz

Аңдатпа. Бұл мақалада цемент-бетон жолдарының сапасы мәселесі қарастырылады, ол жол жамылғыларының беріктігі мен сенімділігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Мақалада Алматы–Қорғас автожолының учаскесінде жарықтар мен қабыршақтану сияқты кең таралған ақаулардың мысалында егжей-тегжейлі талдау ұсынылады. Бұл ақаулар жамылғының жұмыс қасиеттерін айтарлықтай нашарлатып, жол қозғалысы қауіпсіздігін төмендетіп, жолды күтіп ұстау шығындарын арттырады.

Мақалада цемент-бетон қоспасының минералдық құрамын және химиялық сипаттамаларын зерттеу үшін рентгендік дифрактометриялық және химиялық талдау әдістерін қолдану сипатталады. Нәтижесінде барлық үлгілерден бос әк табылды, бұл бетонның гидратация процесінің үдеуі туралы хабар береді. Бұл жағдай бірқатар жағымсыз салдарға әкелуі мүмкін. Зерттеу нәтижелері портландиттің бетон беріктігін ішкі кернеуді арттыру арқылы арттыруға әсер ететіндігі туралы гипотезаны растайды. Бетон бетінде көптеген микро жарықтардың болуы осыны дәлелдейді.

Алынған деректер жабынның беріктігіне әсер ететін негізгі факторларды анықтауға және цемент-бетон ақауларының пайда болуын болдырмау шараларын ұсынуға мүмкіндік береді.

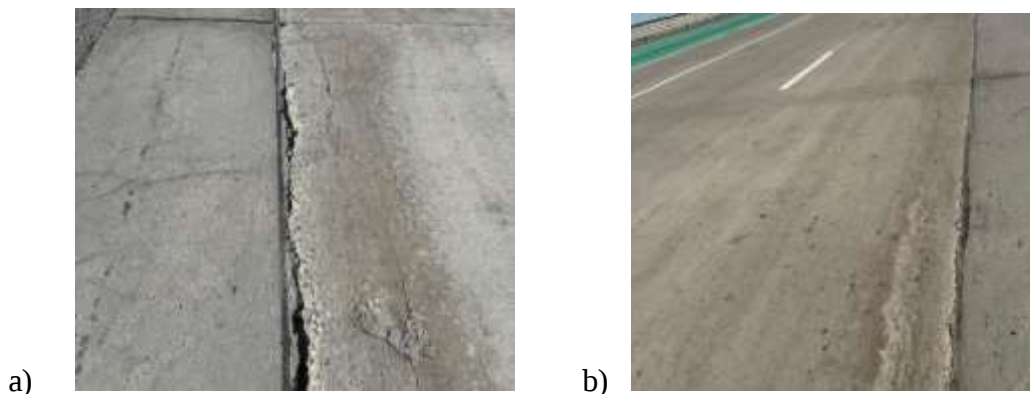
Түйінді сөздер: цемент-бетон жолдары, рентгендік дифракциялық талдау, химиялық талдау, жабын беріктігі, бетон ақаулары.

Кіріспе

Цемент-бетон жолдарының сапасы жол жабынының ұзақмерзімділігі мен сенімділігін анықтайтын негізгі фактор болып табылады. Пайдалану барысында мұндай жолдар әртүрлі зақым түрлеріне ұшырайды, олардың ішінде жарықтар мен қабыршақтану ең жиі кездесетіндері болып саналады. Цемент-бетон сапасына қатысты мәселелер отандық ғалымдардың бірқатар ғылыми еңбектерінде зерттелген [1–4]. 1-суретте Алматы–Қорғас цемент-бетон жолының бір бөлігіндегі осындай ақаулар көрсетілген. Бұл ақаулар жол жабынының пайдалану сипаттамаларын айтарлықтай нашарлатып, жол қозғалысы қауіпсіздігін төмендетіп, жөндеу мен күтім шығындарын арттыруы мүмкін. Сондықтан жол желісінің жоғары сапасын сақтау үшін жарықтар мен қабыршақтанудың себептерін уақтылы зерттеу мен талдау аса маңызды міндеттер қатарына жатады.

Цемент-бетон жолдарының беткі қабатында жарықтар мен қабыршақтанудың пайда болуы көптеген факторлармен байланысты болуы мүмкін, соның ішінде: көлік

құралдарының механикалық жүктемесі, климаттық жағдайлар, құрылыс кезінде пайдаланылған материалдардың құрамы мен сапасы, сондай-ақ төсеу және күтім жасау технологиялары [5–6]. Мұндай ақаулардың табиғаты мен пайда болу механизмін түсіну оларды алдын алуға және жоюға бағытталған тиімді шараларды әзірлеуге мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде жолдардың қызмет ету мерзімін ұзартып, олардың пайдалану шығындарын азайтады.



Сурет 1 – Жол ақаулары: а) жіңішке жарықтар және б) қабыршақтану

Көлік қозғалысының қарқындылығы мен климаттық өзгерістердің тұрақты артуы жағдайында жол төсемелерінің әртүрлі әсерлерге — механикалық жүктемелерге, температуралық ауытқуларға және химиялық агрессияға — төзімділігін қамтамасыз ету ерекше маңызды болып отыр. Цемент-бетон жабындарының ұзақ мерзімділігіне әсер ететін басты аспектілердің бірі — пайдаланылатын материалдардың құрамы мен құрылымы. Ғалымдардың жинақталған көпжылдық тәжірибесіне сүйене отырып, әртүрлі тәсілдер мен сапалық зерттеу әдістерін қолдану ең дәл нәтижелер алуға мүмкіндік береді [7–8]. Сондықтан жол инфрақұрылымын салу мен пайдалану барысында дәл бағалау және сапаны бақылау маңызды рөл атқарады.

Бұл мақала цемент-бетон жолдарының пайдаланылу барысындағы жай-күйін кешенді зерттеудің бір бөлігін ұсынады, соның ішінде олардың сапасын рентгендік дифрактометриялық және химиялық талдау әдістері арқылы бағалау қамтылған. Зерттеу Алматы–Қорғас автожолының бір бөлігінде жүргізілді, онда талдау үшін өзек үлгілері алынды.

Заманауи талдау әдістері, атап айтқанда рентгендік дифрактометриялық және химиялық талдау цемент-бетон қоспаларының минералдық құрамы мен химиялық сипаттамаларын егжей-тегжейлі зерттеуге мүмкіндік береді. Рентгендік дифрактометриялық талдау материалдардың кристалдық құрылымы туралы ақпарат беріп, фаза құрамын анықтауға және олардың мөлшерін бағалауға жол ашады. Ал химиялық талдау бетонның қасиеттеріне әсер ететін негізгі оксидтер мен басқа да химиялық компоненттердің құрамын анықтауға мүмкіндік береді.

Мақалада цемент-бетон жолдарының сапасын рентгендік дифрактометриялық және химиялық талдау әдістері арқылы бағалауға бағытталған зерттеу нәтижелері келтірілген. Жұмыстың мақсаты – жол жабынының беріктігі мен пайдалану сипаттамаларына әсер ететін негізгі факторларды анықтау және цемент-бетондағы ақаулардың пайда болуын болдырмауға бағытталған ұсынымдар әзірлеу. Бұл зерттеудің нәтижелері жол инфрақұрылымының сапасы мен сенімділігін арттыруға ықпал етеді, бұл өз кезегінде тас жолдарда қауіпсіз және тұрақты көлік қозғалысын қамтамасыз ету үшін маңызды.

Әдістеме

Цемент-бетонға зерттеулер Алматы-Қорғас тас жолының қолданыстағы бөлігінде (108 және 305 км) жүргізілді. Жол құрылысын бағалау үшін зерттеліп жатқан жол бөлігінің әртүрлі орындарынан керн үлгілері алынды. Жол учаскелерінің орналасуы **2-суретте** көрсетілген.



Сурет 2 – Керн үлгілері алынған орындардың орналасуы

Цемент-бетонның минералогиялық және химиялық құрамы жол жабынының сапасы мен күйін сипаттайтын негізгі көрсеткіштер ретінде пайдаланылды.

Зерттеу жұмыстары келесі ретпен жүргізілді:

- зерттеліп жатқан жол учаскесінде керн үлгілерін бұрғылау;
- цемент-бетонға рентгендік дифрактометриялық талдау жүргізу;
- цемент-бетонға химиялық талдау жүргізу;
- нәтижелерді өңдеу және талдау.

Керн үлгілерін бұрғылау ішкі диаметрі 100 мм болатын алмас тісті өзекқашар арқылы жүзеге асырылды (3-сурет).



Сурет 3 – Керн үлгілерін алу: а) K1 – 108 км қашықтықтағы керн және б) K2 – 305 км қашықтықтағы керн.

Цементбетон үлгілеріне рентгендік дифрактометриялық талдау олардың минералогиялық құрамын, фазалық құрамын және кристалдық құрылымын анықтау мақсатында жүргізілді. Рентгендік дифракциялық талдау автоматтандырылған DRON-3 дифрактометрінде $\text{CuK}\alpha$ сәулеленуі және β -сүзгі көмегімен орындалды.

Диффрактограмма түсіру шарттары:

- кернеу $U = 35 \text{ кВ}$;
- ток $I = 20 \text{ мА}$;
- түсіру әдісі – θ - 2θ ;
- детектордың айналу жылдамдығы – 2 град/мин .

Жартылай сандық рентгендік фазалық талдау ұнтақ үлгілердің дифрактограммалары негізінде, тең мөлшерлеу әдісі мен жасанды қоспалар қолданылып жүргізілді. Дифрактограммаларды интерпретациялау ICDD деректер картотекасы негізінде: PDF-2 Powder Diffraction File (2022 ж.) және HighScorePlus бағдарламалық жасақтамасы көмегімен жүзеге асырылды.

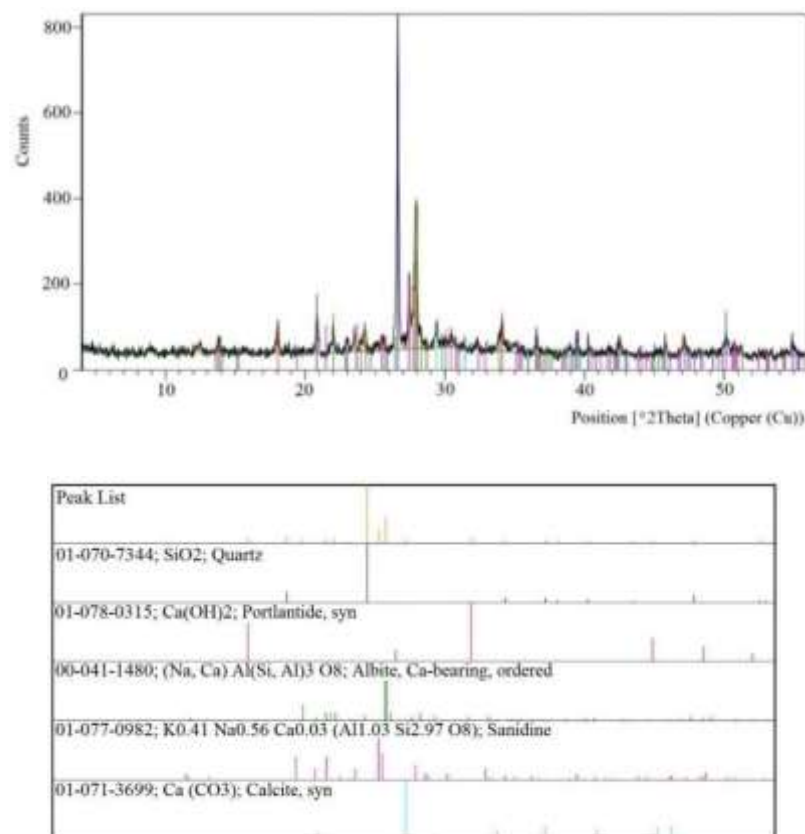
Цементбетонның химиялық құрамы мен барлық құрамдас бөліктердің концентрациясын анықтау үшін химиялық талдау жүргізілді. Химиялық талдау – арнайы жабдықты қажет ететін, еңбек сыйымдылығы жоғары процесс. Алынған нәтижелердің интерпретациясы цементтің және цементбетон құрамындағы әртүрлі толтырғыштардың сапасын бағалауға, сондай-ақ құрылыс технологиялық процесінің талаптарға сәйкестігін анықтауға мүмкіндік береді.

Нәтижелер және талқылау

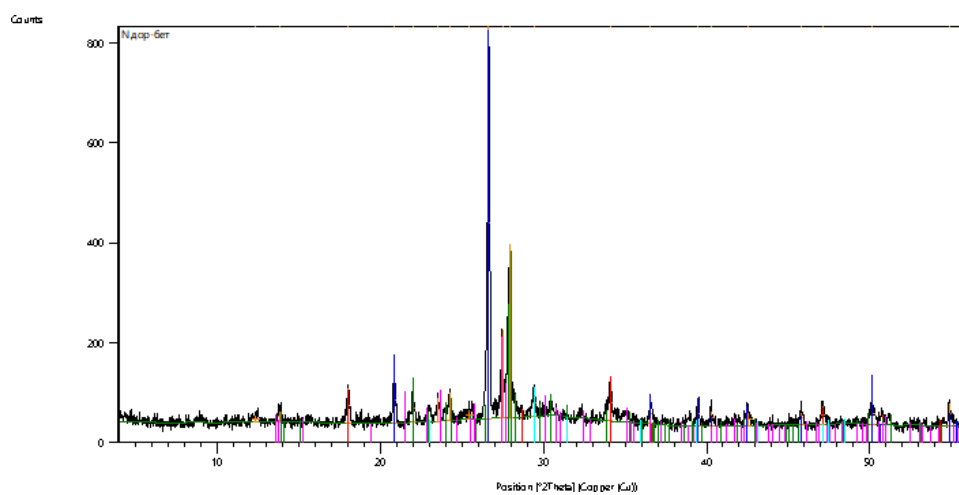
1-кестеде цементбетон құрамындағы ықтимал қоспалар көрсетілген, олардың мөлшерінің аздығына, тек 1–2 дифракциялық шыңдардың болуына немесе әлсіз кристалдануына байланысты анықтау күрделі. 4-сурет пен 5-суретте К1 және К2 цементбетон үлгілерінің дифрактограммалары берілген. Кристалдық фазалардың жартылай сандық талдау нәтижелері де 2-кестеде келтірілген.

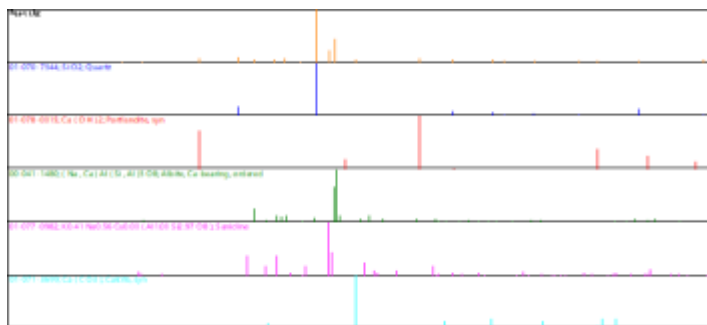
1-кесте – Үлгілердің аралық жазықтық арақашықтығы және фазалық құрамы

Позиция [2 θ]	d-арақашықтық [Å]	Салыстырмалы интенсивтілік [%]	Сәйкес тендірілген дереккөз
12.3755	7.15251	1.75	
13.8156	6.41003	2.58	00-041-1480; 01-077-0982
18.0506	4.91456	9.08	01-078-0315
20.8626	4.25805	11.78	01-070-7344
22.0245	4.03599	7.22	00-041-1480
23.5481	3.77819	6.22	00-041-1480; 01-077-0982
24.2584	3.66914	7.40	00-041-1480
25.4115	3.50520	2.56	00-041-1480; 01-077-0982
26.6386	3.34645	100.00	01-070-7344; 00-041-1480
27.4953	3.24410	22.59	01-077-0982
27.9583	3.19142	44.20	00-041-1480; 01-077-0982
29.4228	3.03583	6.76	01-071-3699
34.0988	2.62946	9.30	01-078-0315; 00-041-1480
36.5778	2.45675	5.30	01-070-7344; 01-078-0315; 00-041-1480; 01-077-0982
39.4863	2.28223	5.84	01-070-7344; 00-041-1480; 01-077-0982; 01-071-3699
40.3198	2.23696	3.49	01-070-7344; 01-077-0982
42.5440	2.12502	3.44	01-070-7344; 00-041-1480
45.8102	1.98083	3.36	01-070-7344; 00-041-1480
47.1230	1.92866	4.89	01-078-0315; 01-071-3699
50.1556	1.81893	5.10	01-070-7344
54.8632	1.67347	6.00	01-070-7344



Сурет 4 – K1 цемент-бетон үлгісінің дифрактограммасы





Сурет 5 – К2 цемент-бетон үлгісінің дифрактограммасы

2 кесте – Кристалдық фазалардың жартылай сандық талдауының нәтижелері

Анықтама коды	Қосылыс атауы	Химиялық формула	Минерал атауы	RIR	Жартылай Сандық [%]
01-070-7344	Silicon Oxide	SiO ₂	Quartz	3.050	29
01-078-0315	Calcium Hydroxide	Ca (OH) ₂	Portlandite, syn	3.460	3
00-041-1480	Sodium Calcium Aluminum Silicate	(Na , Ca) Al (Si , Al) ₃ O ₈	Albite, Ca-bearing, ordered	1.060	36
01-077-0982	Potassium Sodium Calcium Aluminum Silicate	K _{0.41} Na _{0.56} Ca _{0.03} (Al _{1.03} Si _{2.97} O ₈)	Sanidine	0.600	31
01-071-3699	Calcium Carbonate	Ca (CO ₃)	Calcite, syn	3.230	2

Рентгендік дифрактометриялық талдау нәтижелері зерттелген учаскелерден алынған барлық сынамаларда бос әк (еркін әк) бар екенін көрсетеді. Оның болуы бетонның гидратация процесінің жеделдеуін білдіреді, бұл бірқатар теріс салдарларға әкеледі.

Цементтің гидратация процесі келесі кезеңдерде жүреді. Бетонның бастапқы беріктігі сілтілік орта мен алюминий оксиді Al₂O₃ өзара әрекеттесуінің арқасында қамтамасыз етіледі, содан кейін бос әк Ca(OH)₂ (сілті) химиялық реакциядан басқа минералогиялық күйге өтеді. Кейінгі беріктік SiO₂, кальций оксиді және гипстің жұмысы мен олардың өзара әрекеттесуі нәтижесінде қалыптасады. Егер 28 күн қатуынан кейін сынама салынған судың рН көрсеткіші сілтілік орта болса, бос әктің миграциясы және қабыршақталу қаупі бар. Егер цемент құрамындағы Al₂O₃ мөлшері 3-тен 8%-ға дейін болса, беріктік пен ішкі кернеу (қаттылық) артады. Нәтижесінде келесі теріс салдарлар байқалады: жарықтар, сынықтар, қабыршақтану және бұралу; Al₂O₃ толық гидратацияланғаннан кейін бетонның ішкі қабыршақтануы мен бұзылуы жүреді. Бұл әсерлер су әсеріне және цементтегі Al₂O₃ мөлшеріне байланысты. Ішкі бұзылулар бос әктің SiO₂-ге әсерінен пайда болады, ал бетонның ішкі кернеуінен термиялық кеңеюі артады.

3-кесте мен 4-кестеде цемент-бетон сынамаларының элементтері мен оксидтерінің химиялық құрамы көрсетілген.

3 кесте – Элементтер бойынша химиялық құрамы

Spectrum	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Fe	Result
Average	53.63	1.95	0.81	4.64	19.00	0.73	1.69	14.70	0.21	2.64	100.00

4 кесте – Оксидтер бойынша химиялық құрамы

Spectrum	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO	Na ₂ O	Result
Average	3.05	1.60	10.49	49.67	2.33	2.52	25.68	0.44	4.21	3.05	100.00

Қазақстан Республикасының 218-127-2016 «Қазақстанның климаттық жағдайларын ескере отырып, цемент-бетон автожол жабындарының рационалды құрамы бойынша ұсыныстар» нормативтік құжатының 4.1 тармағына сәйкес, портландцементтегі алюминий оксидінің мөлшері 4%-дан 8%-ға дейін болуы тиіс, ал диаграммаға сәйкес химиялық құрамы бойынша лабораториялық тәжірибелерде бұл көрсеткіш 10%-дан жоғары болып отыр.

Қорытынды

Мақалада ұсынылған жүргізілген зерттеулер портландиттің (Ca(OH)₂) бетонның ішкі кернеуін арттыру арқылы беріктіктің артуына әсер ететіні гипотезасын растайды, бұл бетонның беріктігінің артуымен қатар оның сынғыштығының жоғарылауына әкеледі. Бұл нәтиже бетон жабын бетінде көптеген микро жарықтардың болуы арқылы расталады. Рентгендік фазалық талдау бойынша, әртүрлі учаскелердегі портландит мөлшері 3-тен 5%-ға дейін өзгеріп, оның белсенділігін көрсетеді. Мақалада бетон құрылымындағы алюминий оксидтерінің автожолдардың жағдайына әсері қарастырылады. Портландит пен алюминий оксидтерінің мөлшері жоғары учаскелерде цемент-бетон жабын бетінде цемент-бетон жабынның жоғары ішкі кернеуінен туындаған көп мөлшерде жіңішке жарықтар пайда болады, сондықтан жүйелі динамикалық жүктемелер әсерінен цемент-бетон жабын біртіндеп бұзылады, оның беріктігі төмендейді.

1. Алюминий оксидінің салыстырмалы түрде төмен, ал портландиттің жоғары мөлшердегі үлгілердің нәтижелері цемент-бетон жабын бетінің коррозиясына әкеледі, бұл процесс жаңбыр суы әсерінен портландиттердің бетон денесі арқылы миграциялануымен байланысты, ал алюминий оксидтері толық гидратацияланғандықтан, портландит тұздарды қосылыстарға байланыстырып, бетон жабын бетіне шығып, беттің қабатталуына (пилинг) себепші болады. Беттің қабатталуы су көп жиналатын немесе су әсері үнемі болатын жерлерде пайда болады. Алынған нәтижелерге сәйкес, жабындының қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік беретін негізгі аспектілерді анықтап, бетон құрамына деген көзқарасты өзгерту қажет:

2. Цемент байлағышының иілу беріктігіне қойылатын талаптарды белгілеу ұсынылады.

3. Цемент-бетон жолдар үшін цемент байлағышындағы алюминий оксидтерінің мөлшеріне қатаң талаптар қою қажет.

4. Үлгілердің сутегі индексін бақылауды қамтамасыз ету қажет, оның үшін үлгілер орналастырылған судың рН көрсеткішін өлшеу керек. Қышқылдықтың жоғарылауы сілтілік заттардың болуын көрсетеді, бұл ішкі кернеуді арттырады және жабын бетінің қабатталуына әкеледі.

Әдебиеттер тізімі

1. Жол құрылысына арналған бетонның беріктік сипаттарына кешенді қоспаның әсері / Г. Рахимова, Г. Славчева, М. Айсанова, М. Рахимов, Е. Ткач // International Journal of GEOMATE. — 2023. — Т. 25, № 110. — Б. 243–250. <https://doi.org/10.21660/2023.110.3934>
2. Терең оқыту әдістері мен термиялық инфрақызыл спутниктік суреттерді пайдаланып, бұрын жасалған бетон ғимараттардың құрылымдық жағдайын инновациялық бағалау құралы / М. Каргин, Р. Лукпанов, А. Серенков, Ю. Шаймагамбетов, Ж. Каргин, Р. Гарсия, И. Лаори // Journal of Civil Structural Health Monitoring. — 2023. — Т. 13, № 2–3. — Б. 561–578. <https://doi.org/10.1007/s13349-022-00655-4>
3. Тест аппаратының көмегімен топырақта профильдері өзгертін тіректердің жүктеме көтеру қабілетін статикалық сынақ модельдері арқылы бағалау / Р. Лукпанов, С. Еңкебаев, З. Жантлессова, Д. Дүссембинов, А. Алтынбекова, Р. Рахимов // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. — 2024. — Т. 2, № 1(128). — Б. 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.301421>
4. Екі сатылы көбік енгізу әдісі мен модификацияланған қоспаның көбік бетонның жұмыс істеу қасиеттеріне әсерін зерттеу / Р. Лукпанов, Д. Дүссембинов, А. Алтынбекова, С. Еңкебаев, А. Жұмағұлова // Materials. — 2024. — Т. 17, № 9. <https://doi.org/10.3390/ma17092024>
5. Ұсақ бөлшектелген қоспалары мен суперпластификаторы бар өздігінен тығыздалатын бетон / Д.С. Дүссембинов, Т. Авад, Ю.Ю. Сабитов, А.А. Жұмағұлова, Ж.А. Шахмов, Ж. Қалиева, Д.О. Базарбаев // Magazine of Civil Engineering. — 2023. — Т. 123, № 7. <https://doi.org/10.34910/MCE.123.6>
6. Қазақстандағы жол және негіздегі температура мен ылғалдылықты бақылау / Б.Б. Телтаев // Smart Geotechnics for Smart Societies. — 2023. — Б. 92–101. <https://doi.org/10.1201/9781003299127-8>
7. Әртүрлі әдістерді пайдаланып, гетерогенді топырақ жағдайларында тіректердің статикалық және динамикалық сынақ кешені / Р.Е. Лукпанов, Д.В. Цыгулёв, С.Б. Еңкебаев, Д.С. Дүссембинов // Lecture Notes in Civil Engineering. — 2022. — Т. 182. — Б. 239–246. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85236-8_21
8. Көп қабатты жол құрылымының уақытша температура режимін модельдеу / М.З. Журинов, Б.Б. Телтаев, К.А. Айтбаев, Г. Лопренчипе, К.Б. Тілеу // Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының хабарлары, Геология және техникалық ғылымдар сериясы. — 2022. — Т. 1, № 451. — Б. 175–180. <https://doi.org/10.32014/2022.2518-170X.155>

Авторлар туралы мәліметтер (үш тілде):

Ғалия Асанова – Директордың орынбасары, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Алматы, Қазақстан, g.asanova@qazjolgzi.kz

Галия Асанова – Заместитель директора, АО «КаздорНИИ», Алматы, Казахстан, g.asanova@qazjolgzi.kz

Galiya Asanova – Deputy Director, JSC “KazdorNII”, Almaty, Kazakhstan, g.asanova@qazjolgzi.kz

Қайрат Мұхамбетқалиев – к.т.н., Ғылыми зерттеу және дамыту орталығының меңгерушісі, Ғылыми зерттеу және дамыту орталығы, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана, Қазақстан, k.mukhambetkaliyev@qazjolgzi.kz

Кайрат Мухамбетқалиев – Руководитель Научного центра развития и инноваций, АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, k.mukhambetkaliyev@qazjolgzi.kz

Kairat Mukhambetkaliyev – Head of the Research and Development Center, Research and Development Center, JSC “KazdorNII”, Astana, Kazakhstan, k.mukhambetkaliyev@qazjolgzi.kz

Зәуреш Өмірбекова – Жаңа технологиялар бөлімінің басшысы, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана, Қазақстан, z.omirbekova@qazjolgzi.kz

Зауреш Омирбекова – Руководитель отдела новых технологий, АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, z.omirbekova@qazjolgzi.kz

Zauresh Omirbekova – Head of the New Technologies Department, JSC “KazdorNII”, Astana, Kazakhstan, z.omirbekova@qazjolgzi.kz

Бексұлтан Чугулев – Сынақ зертханасының жетекші инженері, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана, Қазақстан, beksultan_d@mail.ru

Бексұлтан Чугулев – Ведущий инженер испытательной лаборатории, АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, beksultan_d@mail.ru

Beksultan Chugulev – Lead Engineer of the Testing Laboratory, JSC KazdorNII, Astana, Kazakhstan, beksultan_d@mail.ru

Айшолпан Ибраева – Ғылым және инновацияларды дамыту департаментінің маманы, «ҚазжолҒЗИ» АҚ, Астана, Қазақстан, a.ibrayeva@qazjolgzi.kz

Айшолпан Ибраева – Специалист департамента науки и развития инноваций, АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, a.ibrayeva@qazjolgzi.kz

Aisholpan Ibraeva – Specialist of the Department of Science and Innovation Development, JSC KazdorNII, Astana, Kazakhstan, a.ibrayeva@qazjolgzi.kz

Авторлардың үлесі (әр автордың тиісті үлесін көрсетіңіз):

Автор 1 – тұжырымдама, әдістеме, ресурстар, деректерді жинау, тестілеу, модельдеу, талдау, визуализация, интерпретация, мәтінді дайындау, редакциялау, қаржыландыру алу.

Автор 2 – тұжырымдама, әдістеме, талдау, интерпретация, редакциялау.

Автор 3 – ресурстар, қаржыландыру алу, редакциялау.

Автор 4 – модельдеу, талдау, визуализация, мәтінді дайындау.

Автор 5 – деректерді жинау, тестілеу.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Жасанды интеллектті (AI) пайдалану: Мақаланы дайындау барысында жасанды интеллект пайдаланылған жоқ.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ДОРОГ МЕТОДАМИ РЕНТГЕНОВСКОГО ДИФРАКТОМЕТРИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

**Галия Асанова^{1,2}, Кайрат Мухамбеткалиев^{1,3}, Зауреш Омирбекова¹, Бексултан
Чугулев^{1,3}, Айшолпан Ибраева¹**

¹АО «Казахский дорожный научно-исследовательский институт», Астана,
Казахстан

²Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л. Б. Гончарова

³Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва

*Корреспондент автор: g.asanova@qazjolgzi.kz

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема качества цементобетонных дорог, играющая важную роль в обеспечении прочности и надежности дорожных покрытий. Представлен детальный анализ на примере распространенных дефектов трещин и шелушения на участке автодороги Алматы–Хоргос. Эти дефекты существенно ухудшают эксплуатационные характеристики покрытия, снижают безопасность дорожного движения и увеличивают затраты на его содержание. В работе описано применение методов рентгеновского дифрактометрического и химического анализа для исследования минерального состава и химических характеристик цементобетонной смеси. В результате во всех образцах была обнаружена свободная известь, что свидетельствует об ускорении процесса гидратации бетона. Это может привести к ряду негативных последствий. Полученные результаты подтверждают гипотезу о влиянии портландита на прочность бетона за счёт увеличения внутренних напряжений. Наличие многочисленных микротрещин на поверхности бетона служит доказательством этого.

Полученные данные позволяют выявить основные факторы, влияющие на прочность покрытия, и предложить меры по предотвращению возникновения дефектов цементобетонных дорог.

Ключевые слова: цементобетонные дороги, рентгеновский дифракционный анализ, химический анализ, прочность покрытия, дефекты бетона.

ASSESSMENT OF CEMENT-CONCRETE ROAD QUALITY USING X-RAY DIFFRACTOMETRY AND CHEMICAL ANALYSIS

**Galiya Asanova^{1,2*}, Kairat Mukhambetkaliyev^{1,3}, Zauresh Omirbekova¹, Beksultan
Chugulyov^{1,3}, Aisholpan Ibrayeva¹**

¹Kazakh Road Research Institute JSC, Astana, Kazakhstan

²L. B. Goncharov Kazakh Automobile and Road Institute

³L.N. Gumilyov Eurasian National University

*Corresponding author: g.asanova@qazjolgzi.kz

Abstract. This article addresses the issue of cement-concrete road quality, which plays a crucial role in ensuring the strength and reliability of road pavements. A detailed analysis is presented based on common defects—cracking and scaling—observed on a section of the Almaty–Khorgos highway. These defects significantly deteriorate pavement performance, reduce traffic safety, and increase maintenance costs. The paper describes the use of X-ray diffractometry and chemical analysis methods to study the

mineral composition and chemical characteristics of the cement-concrete mixture. As a result, free lime was detected in all samples, indicating an acceleration of the concrete hydration process. This condition can lead to a number of adverse consequences. The findings confirm the hypothesis that portlandite can affect concrete strength by increasing internal stresses. The presence of numerous microcracks on the concrete surface supports this conclusion. The obtained data make it possible to identify the key factors affecting pavement strength and propose measures to prevent the occurrence of cement-concrete defects.

Keywords: cement-concrete roads, X-ray diffraction analysis, chemical analysis, pavement strength, concrete defects.



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



<https://doi.org/10.71031/qhsi.2024.v1.i3.003>

АНАЛИЗ ПРИЧИН ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ В КАЗАХСТАНЕ (2020–2024 ГОДЫ)

Закиржан Данияр^{1*}, Фазылжанова Аялым¹, Агавов Тимур¹

¹Акционерное общество «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт»
(Департамент нормативно-технического обеспечения и безопасности автодорог)

*Корреспондент автор: daniyarzakirzhan@gmail.com

Аннотация. В данной статье проведён обзор дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в Казахстане за период 2020–2024 годов на основе официальной статистики. Рассмотрены динамика роста ДТП, выявлены ключевые причины аварий с указанием их доли и изменения за исследуемый период. Отдельное внимание уделено сезонным и региональным случаям аварийности. Установлено, что основными факторами ДТП являются нарушения правил дорожного движения со стороны водителей (превышение скорости, несоблюдение очередности проезда, неправильное маневрирование и др.), на которые приходится подавляющее большинство аварий. Проанализированы тенденции – снижение числа аварий в 2020 году вследствие ограничений пандемии, постепенный рост в 2021–2022 годах и резкий скачок аварийности почти вдвое в 2024 году. Сделаны выводы о причинно-следственных связях между поведением участников движения и уровнем аварийности, предложены рекомендации по снижению ДТП за счёт усиления мер безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: Дорожно-транспортные происшествия, безопасность дорожного движения, аварийность, инфраструктура

Введение

Проблема обеспечения безопасности дорожного движения в Казахстане сохраняет высокую актуальность как с социально-экономической, так и с демографической точки зрения. Ежегодно в ДТП погибают и получают травмы тысячи людей, что приводит к значительным потерям для общества и государства. Анализ статистики показывает, что дорожные происшествия остаются одной из ключевых причин преждевременной смертности и травматизма, что требует системного подхода к снижению рисков.

Для повышения эффективности мер по предупреждению аварийности необходимо комплексно учитывать весь спектр факторов, влияющих на безопасность движения. К ним относятся состояние дорожной инфраструктуры, уровень подготовки и дисциплины участников движения, техническое состояние транспортных средств, а также внешние условия - климатические, сезонные и региональные. В условиях ограниченных ресурсов особое значение приобретает выбор моделей организации движения и планирования дорожных работ, позволяющих максимально использовать имеющиеся возможности для снижения аварийности.

- начиная с анализа характеристик дорожно-транспортных происшествий, для построения алгоритма пересечения признаков применяется символьная операция. В алгоритм вводится случайная величина, обеспечивающая формирование количественно

оцениваемого метода отбора признаков. Данный подход позволяет реализовать механизм увеличения данных, соответствующий принципам случайности и обеспечивающий повышение устойчивости модели к вариативности входной информации;

- данные для анализа причин дорожно-транспортных происшествий формируются путем применения прямого отбора признаков с целью оптимизации подмножества моделей общего обучения в сочетании с алгоритмами пересечения признаков, отбора релевантных параметров и многоклассовой классификации. Метод позволяет точно идентифицировать ключевые причины аварий при работе с данными высокой размерности. Согласно результатам исследования, установлено, что поведение водителей, включая смену полос и повороты, является одной из основных причин ДТП. Оперативное информирование водителей о дорожной обстановке способствует повышению качества управления транспортом и снижению уровня аварийности.

Повышение эффективности анализа возможно за счёт применения аналитических систем, способных обрабатывать большие объёмы данных и оптимизировать прогнозные модели. Это позволяет более точно интерпретировать влияние различных факторов на аварийность и повысить достоверность прогнозирования, устраняя недостатки традиционных подходов.

Исследование основано на данных официальной статистики ДТП в Казахстане за 2020–2024 годы. Период охватывает как относительно спокойные годы, так и время пандемии COVID-19, повлёкшей снижение мобильности населения в 2020 году, а также период последующего восстановления трафика. За эти годы в стране произошли заметные изменения в уровне аварийности и методике учёта ДТП. Особенно выделяется 2024 год, когда зарегистрировано резкое увеличение числа аварий почти вдвое по сравнению с предыдущим годом [2].

Цель работы – провести комплексный анализ динамики ДТП, их причин и структурных особенностей, включая сезонные и региональные факторы. Основной упор делается на выявление причинно-следственных связей: какие виды нарушений чаще всего приводят к авариям и как изменение внешних условий или мер воздействия сказывается на уровне аварийности. Результаты анализа могут быть полезны для органов дорожной полиции, дорожных исследовательских институтов и других заинтересованных организаций при разработке программ повышения безопасности на дорогах.

Методология

На основе проведённого анализа дорожно-транспортных происшествий в странах Европейского Союза был разработан и внедрён алгоритм WFFS (Weighted Fusion-Based Feature Selection), который используется для более точного выявления причин аварий [3]. С его помощью можно идентифицировать различные значимые признаки, чтобы уменьшить последствия дорожных аварий. Авторы собрали большое количество записей о дорожных авариях в Великобритании и разделили их на несколько частей, которые очистили и сбалансировали с помощью разных методов. Затем в каждой части использовали WFFS, который определил наиболее значимые признаки для более точного прогнозирования тяжести дорожных аварий. Этот инновационный метод рекомендуется инженерам-транспортникам для выявления потенциально опасных мест и принятия соответствующих мер по снижению последствий дорожно-транспортных происшествий.

Согласно [4], человеческий фактор по-прежнему является ведущей причиной дорожно-транспортных происшествий, составляя от 67% до 95% всех случаев. Эмпирические исследования [5] подтверждают, что к тяжёлым последствиям приводит значительная доля ошибок водителей: в 51% происшествий участвуют водители легковых автомобилей,

в 42% -мотоциклисты, а 68% аварий с участием пешеходов связаны с их действиями. В

арабских странах установлено, что в Судане человеческий фактор является непосредственной причиной 38,5% аварий..

Автор [6] проанализировал данные о ДТП с участием маломощных транспортных средств (без двигателя) на загородных дорогах Польши. В исследовании учтены дорожные условия, наличие и состояние инфраструктуры, особенности рельефа, а также дорожная обстановка в момент происшествия. Для систематизации данных был применён метод многоуровневой сегментации, что позволило выделить ключевые группы факторов риска и оценить их влияние на вероятность аварий.

По информации отчёта Европейской комиссии (2024 г.) [7], ограничение скорости движения на 30% снижает число аварий с летальным исходом примерно на треть, а уменьшение средней скорости на 10 км/ч даёт ощутимый эффект в снижении тяжести последствий ДТП.

В среднем около 25% смертельных аварий связаны с превышением установленной скорости, причём при столкновении на скорости выше 1,3-1,5 раза от разрешённой шансы выживания значительно снижаются. От 2% до 10% происшествий обусловлены невнимательностью водителей и отвлечением на использование телефонов. Отмечено, что при отвлечении внимания хотя бы на 5 секунд вероятность ДТП возрастает на 1,5%, а при наборе текстовых сообщений - на 6%.

Уровень использования ремней безопасности на задних сиденьях и шлемов среди мотоциклистов в ряде стран ЕС остаётся низким. Около 25% смертей в ДТП связано с неиспользованием ремней, в некоторых странах этот показатель выше. По оценкам, до 900 жизней в год можно спасти, если бы 99% пассажиров были пристегнуты. Эти данные подчеркивают, что устранение указанных факторов с помощью профилактики, контроля и снижения последствий может существенно помочь достичь целей по снижению смертности в ДТП к 2030 и полному её устранению к 2050 году [8].

Человеческий фактор является причиной 95% аварий, в то время как факторы инфраструктуры и транспортных средств являются причиной 30% и 10% аварий соответственно. Этот подход основан на оценке ответственности, которая фокусируется на событиях аварии и действиях, предпринятых ее участниками; этот подход широко используется дорожной полицией и страховыми компаниями [9].

Среди всех потенциальных причин, устранение ряда специфических факторов риска считается основополагающим для снижения числа аварий со смертельным исходом и серьезными травмами [10]: превышение скорости, вождение в состоянии алкогольного опьянения и под воздействием других психоактивных веществ, неиспользование мотоциклетных шлемов, ремней безопасности и детских удерживающих устройств, а также рассеянность за рулем.

Так, во Франции, согласно полицейским отчетам и углубленным расследованиям аварий - скорость была одной из причин 29% аварий со смертельным исходом [11]. Доля смертельных случаев, связанных с употреблением алкоголя, остается стабильной на уровне около 30% с 2000 года. По оценкам, 21% всех смертельных случаев на дорогах произошло в результате дорожно-транспортных происшествий с участием водителей, находящихся под воздействием запрещенных препаратов; 2,5% водителей легковых автомобилей, 6% водителей малотоннажных транспортных средств и 4,5% водителей большегрузных транспортных средств пользовались портативными телефонами или наушниками, это было причиной 2-4% аварий со смертельным исходом; 24% погибших пассажиров автомобилей не были пристегнуты ремнями безопасности в момент аварии.

Аналогичные причины ДТП зафиксированы (2020-2024 гг):

Германия – превышение скорости 30% аварий со смертельным исходом; алкоголь - 4-5,8% аварий со смертельным исходом; 3% водителей используют свои смартфоны во время вождения; 2% печатают на смартфоне;

Греция - превышение скорости 18% смертельных исходов; 23% дорожно-транспортных происшествий были связаны с вождением в нетрезвом виде;

Австрия - 32% превышение скорости; 8% случаев причиной смерти был алкоголь; рассеянность (недостаток внимания, концентрации и просто игнорирование других участников дорожного движения) была предполагаемой основной причиной 21,5% всех дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом;

Польша - превышение скорости 42% смертельных исходов; 13% связаны с употреблением алкоголя; 4% водителей пользуются мобильными телефонами;

Испания - превышение скорости 25% аварий со смертельным исходом; анализ 19% водителей дали положительный результат на наркотическое опьянение; 31% аварий со смертельным исходом стало отвлечение внимания; 27% смертей в автомобилях и микроавтобусах в возрасте 12 лет и старше х были совершены без ремней безопасности;

Словения - 34% превышение скорости; 0,4% находящихся в состоянии наркотического опьянения;

Финляндия - согласно отчетам групп по расследованию дорожно-транспортных происшествий, превышение или ненадлежащая скорость являются причиной 30% всех аварий со смертельным исходом; 26% пострадавших получили травмы в результате вождения в нетрезвом виде. В то время как 49% погибших пассажиров автомобилей или микроавтобусов не были пристегнуты ремнями безопасности.

В целом, основы системного подхода к обеспечению безопасности включают безопасные дороги и обочины, безопасные скорости, безопасные транспортные средства и безопасных участников дорожного движения, и все это необходимо учитывать для исключения аварий со смертельным исходом и снижения уровня серьезного травматизма [12]. Инфраструктурные факторы составляют 29-30% причин ДТП. Систематический анализ 243 исследований в рамках проекта SafetyCube выявил 59 специфических факторов риска, связанных с дорожной инфраструктурой, которые были ранжированы по степени опасности.

Исследования [13] в рамках проекта SafetyCube выявили, что мужской пол увеличивает риск смерти в 1,66 раза по сравнению с женщинами, а возраст является значимым фактором риска.

Автор в [14] проводит причинно-следственную связь возникновения ДТП путем качественного анализа отдельных происшествий, которая первоочередно рассматривает классификацию причин на системном и локальном уровнях.

Для данного исследования, в качестве исходных данных использована официальная сводная статистика ДТП в Казахстане за 2015–2024 годы, из которой для целей исследования выделены показатели за 2020–2024 годы. Данные включают количество зарегистрированных ДТП по различным категориям: по годам, по регионам, по месяцам, дням недели, времени суток, состоянию погоды и дороги, а также по непосредственным причинам происшествий.

Особое внимание уделено полю «причина ДТП», отражающее классификацию нарушения или фактора, приведшего к аварии. В разные годы в учёте причин произошли изменения: начиная с 2023 года все случаи, в которых участники аварий обращались за медицинской помощью, стали включаться в статистику независимо от степени подтверждённого вреда здоровью. Это нововведение несколько повлияло на количество регистрируемых ДТП, расширив их число за счёт ранее не учитывавшихся незначительных инцидентов. Однако данное методическое изменение, могло увеличить показатель аварийности лишь на 20%, и не объясняет полностью почти двукратный рост ДТП, зафиксированный в 2024 году. Поэтому в анализе 2024 года рассматриваются как статистические эффекты учета, так и реальные изменения в дорожной обстановке.

Динамика количества ДТП (2020–2024)

В целом за рассматриваемый период с 2020 по 2024 годы ситуация характеризовалась колебаниями, однако общее число зарегистрированных происшествий постепенно росло, за исключением резкого снижения в 2020 году. Наибольшее падение наблюдалось весной 2020-го на фоне ограничительных мер, связанных с пандемией

COVID-19: по сравнению с 2019 годом число аварий сократилось на 19%, а в апреле 2020 года было зафиксировано всего 418 происшествий - в 3 раза меньше среднего показателя для данного месяца.

2021 год: рост на 5,8% по сравнению с 2020-м. Этот прирост объясняется снятием ограничений, увеличением интенсивности движения и возобновлением деловой активности.

2022 год: аварий стало больше на 14,6% по сравнению с 2021-м, при этом рост коснулся как городских, так и междугородних дорог.

2023 год: прирост составил 15,6%, что связано с расширением транспортных потоков, строительными работами на дорогах и увеличением числа дорожно-строительной техники.

2024 год: зафиксирован наибольший скачок за период — рост на 30,2% по сравнению с предыдущим годом, что потребовало пересмотра подходов к профилактике аварийности.

Согласно официальным сведениям Генпрокуратуры, в 2024 году было зарегистрировано 30,2 тыс ДТП по Республике [2]. Такой резкий рост частично связан с расширением критериев учёта (включение всех случаев обращения за медпомощью), однако масштаб увеличения указывает и на объективное ухудшение ситуации на дорогах. Дополнительный вклад в рост зарегистрированных ДТП в 2024 году могло внести расширение программ льготного автокредитования. Ускорение прироста автопарка и появление значимой доли водителей-новичков увеличили дорожную экспозицию и частоту малых происшествий, что отразилось на общей статистике при умеренном изменении тяжести последствий

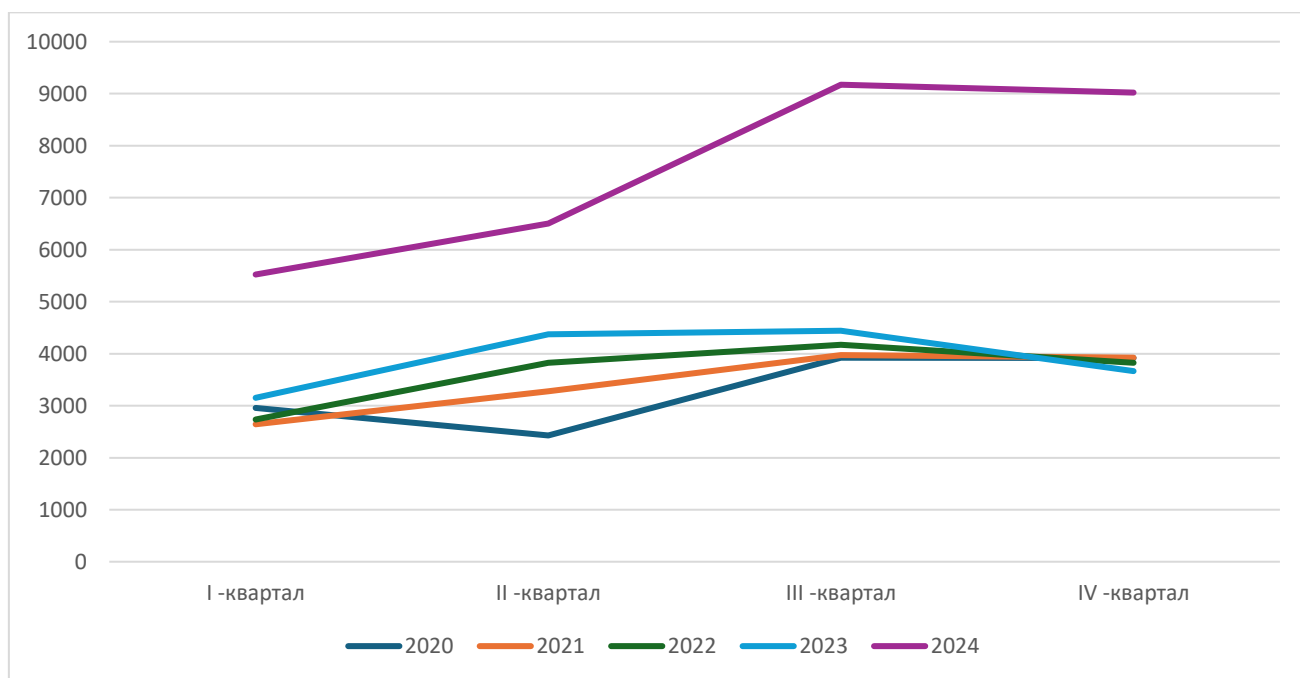


Рисунок 1 – квартальная статистика ДТП в Казахстане (2020-2024 г.)

В 2023-2024 годах, наряду с увеличением общего числа ДТП, выросло и количество пострадавших. Так, в 2024 году в авариях получили ранения свыше 40 тысяч человек, погибло 2452 человека. Показатель аварийности на 100 тысяч населения поднялся с 80 (в 2023 г.) до 158 в 2024 г., что стало новым антирекордом за весь рассматриваемый период. Эти данные указывают на серьезное ухудшение ситуации и формируют дополнительный вызов для системы обеспечения безопасности дорожного движения.

Причины ДТП: структура и тенденции

Анализ распределения ДТП по непосредственным причинам показывает, что основная доля аварийности в Казахстане обусловлена человеческим фактором — нарушениями ПДД водителями транспортных средств. На водительские ошибки и

нарушения (превышение скорости, непредоставление преимущества при проезде, неправильные манёвры и проч.) в сумме приходится порядка 70–80% всех ДТП.

Структура основных причин

По данным статистики, в 2020–2024 гг. наибольшую долю среди факторов, приведших к ДТП, занимали следующие:

Нарушение правил проезда - игнорирование очередности проезда, правил пересечения перекрёстков, требований дорожных знаков и сигналов светофора. В эту категорию входят случаи, когда водитель не уступил дорогу, пересёк перекрёсток на запрещающий сигнал, выехал на проезжую часть без приоритета и т. п.

Ошибки при маневрировании - нарушения при перестроении, обгоне, поворотах и разворотах, в том числе выезды на встречную полосу, несоблюдение дистанции или пересечение проезжей части с предупреждением, но с нарушением ПДД.

Превышение скорости - движение с превышением установленного лимита, что снижает время реакции водителя и усложняет контроль над транспортным средством. Чаще всего связано с сознательным пренебрежением правилами.

Прочие нарушения - сюда относятся нарушения ПДД, не входящие в вышеуказанные категории: игнорирование разметки, пересечение сплошной линии, движение по обочине, использование запрещённой полосы и т. п.

Несоблюдение требований безопасности - относительно новая категория, заметно выросшая с 2022–2023 гг. Сюда включены случаи эксплуатации транспортных средств с нарушениями (например, отсутствие или неправильное использование ремней безопасности, непристёгнутые детские удерживающие устройства, иные действия, создающие угрозу безопасности движения).

ДТП с участием пешеходов - происшествия, в которых пешеходы стали причиной аварии (неосторожный выход на дорогу, пересечение проезжей части в неположенном месте, игнорирование сигналов светофора и т. д.).

Вождение в состоянии опьянения - аварии, вызванные управлением транспортом под воздействием алкоголя или наркотических веществ.

Утрата контроля над транспортом - происшествия, связанные с состоянием здоровья или утомлением водителя (сон за рулём, резкое ухудшение самочувствия и др.).

Техническая неисправность - поломка тормозной системы, рулевого управления, отказ работы световых приборов и других важных узлов, что привело к аварии.

Нарушения при дорожных работах - ДТП, связанные с неправильной организацией ремонтных работ или некачественным ограждением зон ремонта.

Распределение ДТП по перечисленным причинам за 2023 и 2024 годы представлено на диаграмме (рис. 2). Видно, что три ведущие причины – нарушения правил проезда, неправильное маневрирование и превышение скорости – многократно превосходят остальные по числу ДТП. Совокупно на них пришлось около 77% всех аварий в 2023 году и примерно 73% в 2024 году.

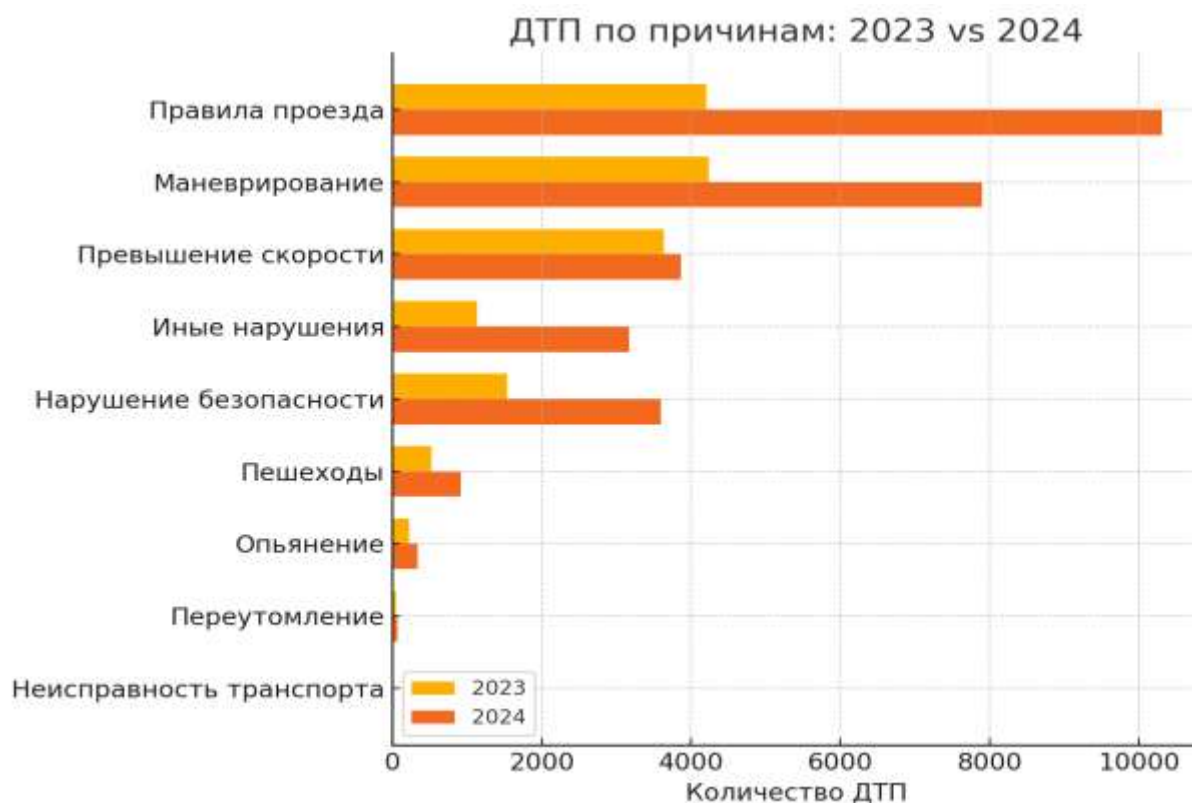


Рисунок 2 – Распределение числа ДТП по основным категориям причин в 2023 и 2024 годах.

Следует подчеркнуть, что в подавляющем большинстве ДТП непосредственной причиной являются нарушения водителей. Суммарно доля водительских нарушений (правила проезда, маневрирование, скорость, прочие и требования безопасности дорожного движения) превышает 85% всех аварий. Если добавить случаи опьянения и переутомления (что тоже относится к состоянию водителя), то «человеческий фактор» водителей прослеживается почти в 90% ДТП. Вина пешеходов составляет лишь 3–5% случаев, а технические и дорожные условия как первопричина - менее 1%. Таким образом, усилия по снижению аварийности должны в первую очередь быть нацелены на предупреждение нарушений ПДД водителями.

Изменения и тренды в причинах

За период 2020–2024 гг. наблюдаются некоторые изменения в структуре причин ДТП, связанные как с реальными сдвигами, так и с изменениями учёта. Основные тенденции:

Сокращение доли неопределённых причин. В 2020–2021 гг. значительная часть ДТП (до 10–12%) учитывалась с пометкой «причина не установлена» или не была классифицирована. В 2020 году зафиксировано 1533 случая (12%) ДТП без указания конкретной причины. К 2023 году эта доля снизилась до минимальных 0,4% (всего 60 происшествий без данных о причине). Это свидетельствует о росте качества расследований: сегодня практически каждое ДТП классифицируется по конкретной статье. Частично сокращение записей с неопределённой причиной связано с введением новой категории - «нарушение требований безопасности», куда теперь относят случаи, которые ранее не попадали в существующие классификации.

Эта категория впервые была выделена в 2021 году и включала единичные происшествия, однако уже в 2022 году их стало 83, в 2023 - 1537 (около 10% всех ДТП), а в 2024 - 3597 (порядка 12%). Рост объясняется как реальным увеличением числа таких инцидентов (например, связанных с неправильной перевозкой пассажиров), так и изменением практики учёта, когда данная формулировка стала чаще применяться вместо

разрозненных статей. В результате эта причина вошла в число ведущих, конкурируя по доле с превышением скорости

Динамика основных нарушений также показывает устойчивый рост числа случаев несоблюдения правил проезда и маневрирования. Если в 2020 году их было 3077, то в 2023 уже 4240 (+36% к 2020 г.), а в 2024 - 4420. Похожие темпы роста наблюдаются по превышению скорости: 3556 случаев в 2020 году, 3639 в 2023 году (+17% к 2022 г.) и 3866 в 2024 году (+6% к 2023 г.). Интересно, что несмотря на применение автоматических комплексов фиксации, доля этих нарушений в общей структуре ДТП остаётся высокой.

Изменения коснулись и категории «вождение в нетрезвом состоянии». Если в 2020 году было зафиксировано 278 таких происшествий, то в 2023 - 228, а в 2024 - 341 случай. Несмотря на рост в последнем году, их доля в общем числе ДТП остаётся стабильной (около 2%). Технические неисправности фиксируются редко (30–50 случаев в год) и не оказывают значимого влияния на общую статистику. Нарушения со стороны пешеходов в 2024 году (921 случай) выросли почти вдвое по сравнению с 2020 годом, но на фоне общего числа аварий эта категория занимает лишь 4% против 3% ранее.

В целом, долгосрочная тенденция в структуре причин - укрепление позиций ключевых нарушений ПДД при одновременном снижении доли неопределённых и редких категорий.

Время и условия совершения ДТП

Помимо непосредственной причины, важными факторами, влияющими на вероятность аварии, являются время суток и условия внешней среды. Статистика показывает, что около 70–75% ДТП происходит в светлое время суток (днём). Например, в 2023 г. на дневное время пришлось 10,8 тыс. аварий (69%), на сумерки ~2,75 тыс. (18%), на ночь ~1,85 тыс. (12%) – соизмеримо с долей ночного времени в сутках. В 2024 г. распределение было схожим: дневные ДТП ~71%, сумерки 19%, ночные ~9%. Таким образом, основной вклад в аварийность вносят дневные часы, что связано с максимальной интенсивностью движения днём. Ночью происходит существенно меньше аварий, но они чаще более тяжкие (что коррелирует с повышенной скоростью и усталостью ночью, хотя самих случаев меньше).

Погодные и дорожные условия также играют роль, но статистика демонстрирует, что более 85–90% ДТП совершаются в хороших условиях – при ясной погоде и сухом дорожном покрытии. Так, в 2023 году 90% всех ДТП произошли при ясной погоде; влажное покрытие (дождь, мокрая дорога) отмечалось примерно в 8% случаев, снег или гололёд – ещё в ~5% совокупно. Аналогично, по состоянию покрытия: сухое – 84% ДТП, мокрое – ~8%, заснеженное или обледенелое – суммарно 7%. Это парадоксальный на первый взгляд факт: большинство аварий происходит в благоприятных погодных условиях, когда ничто, казалось бы, не мешает безопасному движению. Очевидно, в такой обстановке водители чаще превышают скорость, менее внимательно относятся к рискам, тогда как в дождь или снег водят осторожнее и многие предпочитают не выезжать без нужды. Поэтому погодно-дорожный фактор проявляется не столько в количестве аварий, сколько в их характере: в непогоду меньше ДТП, но среди них выше доля вылетов с дороги, тяжёлых столкновений и т.п.

Подводя итог: основные причины и условия ДТП в Казахстане – это поведение водителей в обычных дорожных условиях. Светлое время суток, ясная погода, сухой асфальт – именно тогда случается большинство аварий, вызванных нарушением правил. Неблагоприятные условия (ночь, осадки, гололёд) хотя и повышают индивидуальный риск ДТП, но в масштабах страны играют меньшую роль, потому что водители и трафик адаптируются (снижают скорость, реже ездят и т.д.). Данные по причинам однозначно указывают на человеческий фактор как главное звено.

Региональные особенности аварийности

Аварийность распределена по территории Казахстана неравномерно, что отражает разную плотность населения, уровень автомобилизации и интенсивность движения в

регионах. Анализ региональных данных 2020–2024 гг. позволяет выделить следующие моменты:

Концентрация ДТП в крупных городах и южных регионах. Свыше половины (55%) всех ДТП в стране приходится всего на 6 регионов: город Алматы, Алматинская область, Жамбылская область, Актюбинская область, город Астана и город Шымкент [2]. Эти данные приведены за 2024 год, но и в предыдущие годы картина схожая. Лидером по абсолютному числу аварий стабильно является г. Алматы – крупнейший мегаполис: например, в 2023 году там произошло 3899 ДТП, а в 2024 – 6468 (21% от всех случаев по РК). Второе место обычно занимает Алматинская область (близость к Алматы и протяжённые дороги): 1264 ДТП в 2023 и 3063 в 2024 г. Среди других областей с высокими показателями – Жамбылская (998 в 2023 до 1851 в 2024), Актюбинская (627 до 1703), Восточно-Казахстанская (537 до 1059) и Туркестанская вместе с г. Шымкент (в сумме по бывш. Южно-Казахстанской: 695 + 1064 $\approx$ 1759 в 2023, 1661 + 1053 $\approx$ 2714 в 2024). Столица Астана также входит в группу риска: 819 ДТП в 2023 и 1837 в 2024 г.

Малонаселённые области – низкая аварийность. Регионы с наименьшим числом ДТП – это, как правило, северные и западные области с небольшой плотностью населения: к примеру, Северо-Казахстанская область (408 ДТП в 2023), Мангистауская (738), Костанайская (440). В 2024 г. в данных регионах цифры тоже выросли (СКО 549, Мангистауская 1169, Костанайская 1217), но они остаются далеко позади мегаполисов. Впрочем, по относительным показателям (ДТП на 100 тыс. жителей) некоторые из них могут ненамного отличаться от средних.

Рост ДТП в 2024 году затронул все регионы, но неравномерно. Во всех без исключения областях и городах республиканского значения в 2024 году зафиксирован существенный прирост аварийности. Однако его масштаб варьировался. Например, в Восточно-Казахстанской области рост составил +75% (с 603 до 1060 случаев), тогда как в Западно-Казахстанской – более чем в 2,5 раза (с 445 до 1196 случаев). Ряд регионов юга и запада (Актюбинская, Жамбылская, Кызылординская) показали увеличение числа ДТП на 150–170%. Можно предположить, что где-то на ситуацию повлияли локальные факторы – например, в ВКО обсуждали влияние перевода области в другой часовой пояс в 2024 г., из-за чего светлое время суток сократилось. Однако прямых доказательств сильного влияния этого фактора нет – в соседних регионах без смены времени рост был даже выше, что говорит об общенациональных причинах роста аварийности.

Новые области и административные изменения. В 2022 году в Казахстане были образованы новые области (например, Абай, Жетысу, Улытау), однако в рассматриваемой статистике данные продолжали учитываться по прежнему делению до конца 2024 года. Поэтому прямого сравнения аварийности новых образований пока не приведено. Косвенно можно отметить, что отделение г. Шымкента (как самостоятельного региона с 2018 г.) показало ожидаемый рост зарегистрированных ДТП в городе за счёт выделения их из статистики Туркестанской области. Шымкент – третий по численности город – увеличил число ДТП с 415 в 2022 г. до 695 в 2023 и 1661 в 2024 г., что частично связано с улучшением учета, но и с реальным ростом трафика.

Обобщая региональный аспект: наибольший вклад в аварийность дают крупные урбанизированные центры (Алматы, Астана, Шымкент) и прилегающие к ним области, а также регионы с высокой плотностью дорог и населения (юг, центр). Это логично – там больше транспорта, интенсивнее движение, выше вероятность столкновений. Однако настораживает, что в ряде относительно средних по населению областей (например, Актюбинская, Жамбылская) показатели ДТП тоже очень высоки. Это может указывать на проблемы с соблюдением ПДД на междугородних трассах и в сельской местности (где контроль ниже). В то же время тихие по аварийности регионы – северные – характеризуются более спокойным движением и, возможно, лучшей организацией дорожной сети при меньшем трафике.

Важно отметить и региональные различия в характере ДТП (хотя в данной статье глубоко не рассматривалось): в городах преобладают столкновения на перекрестках, мелкие аварии бампер-в-бампер, наезда на пешеходов в черте города; на трассах областей – лобовые столкновения, съезды с дороги, перевероты. Тем не менее, причины-нарушения доминируют сходные: превышение скорости более характерно для трасс, а нарушения правил проезда и маневрирования – для городских условий.

Результаты и Обсуждение

Результаты анализа подтверждают, что человеческий фактор – ключевой элемент в возникновении ДТП в Казахстане. Подавляющее большинство аварий спровоцировано сознательным или неосознанным несоблюдением правил дорожного движения. Это указывает на проблемы в культуре вождения, обучении водителей и соблюдении дисциплины на дорогах. Рассмотрим наиболее значимые факторы и причинно-следственные связи:

Недостаточный контроль и правоприменение. В последние годы в республике произошли изменения в системе обеспечения дорожного порядка: была упразднена специализированная дорожная полиция, основная ставка сделана на автоматические камеры фиксации нарушений. По мнению экспертов, ослабление «живого» контроля на дорогах стало одной из причин роста ДТП [15]. Камеры эффективно штрафуют за превышение скорости и проезд на красный, но не способны предотвратить опасные манёвры, выезд на встречную полосу, агрессивное поведение. Водители, ощущая отсутствие патрулей, позволяют себе больше нарушений. Это приводит к общему хаосу: массовое игнорирование правил (парковка где попало, повороты из неположенного ряда и т.д. – особенно заметно в крупных городах [15]) повышает вероятность аварийных ситуаций. Таким образом, ослабленный надзор напрямую коррелирует с ростом аварийности.

Низкая культура и подготовка водителей. Статистика, показывающая постоянство доли человеческого фактора ~90%, свидетельствует о проблемах в подготовке водителей. Эксперты отмечают, что уровень обучения водителей и культура вождения в целом остаются невысокими [15]. Многие новички недостаточно обучены навыкам безопасного маневрирования, не имеют устойчивых привычек соблюдения правил. Льготное автокредитование и рост числа автомобилей (их количество увеличилось ~на 8% с 2023 по 2024 год [15]) привели к наплыву относительно неопытных водителей на дороги. Хотя сам по себе рост парка на 8% не мог удвоить число ДТП, в сочетании с низкой культурой вождения это создало дополнительные риски. С увеличением числа машин, особенно управляемых неопытными или недисциплинированными водителями, количество столкновений закономерно растёт.

Несоблюдение скоростного режима. Скорость – один из главных факторов тяжести последствий ДТП. В Казахстане, особенно на городских улицах, многие водители превышают разрешённые 50–60 км/ч, что резко увеличивает риск наезда на пешехода и тяжесть травм. Хотя доля «официально» зафиксированных ДТП из-за превышения скорости около 13–23%, косвенно скорость влияет и на другие категории аварий (не успел затормозить при нарушении проезда и т.п.). Снижение скоростей в городах хотя бы на 10 км/ч могло бы существенно снизить смертность (об этом говорит статистика: вероятность гибели пешехода при скорости >80 км/ч выше 90%, а снижение городской скорости с 60 до 50 км/ч позволяет серьезно уменьшить травматизм). Таким образом, скоростной фактор остаётся критичным: несмотря на камеры, многие ДТП происходят именно потому, что транспортное средство двигалось слишком быстро для предотвращения столкновения.

Инфраструктурные и организационные факторы. Хотя напрямую неудовлетворительное состояние дорог или инфраструктуры указано как причина в считанных случаях, косвенно инфраструктура влияет на аварийность. Отсутствие

надёжных пешеходных переходов, освещения, разделительных барьеров на трассах ведёт к тому, что ошибки водителей оборачиваются ДТП. Опыт развитых стран показывает, что улучшение дорожной инфраструктуры – строительство развязок, обустройство пешеходных переходов, разделение встречных потоков, устранение «мест концентрации ДТП» – способствует снижению аварийности даже при неизменной культуре вождения. В Казахстане же, по признаниям специалистов, отсутствует институт, системно расследующий ДТП и выявляющий опасные участки дорог для их последующего исправления. В результате опасные места остаются без изменений, и там из года в год происходят аналогичные аварии (например, известные участки трасс с частыми лобовыми столкновениями).

Изменения учёта и обращение за медпомощью. Упомянутое расширение критериев регистрации ДТП (включение всех обращений за медпомощью) привело к росту показателей, особенно заметно в 2024 году. Это можно рассматривать как фактор статистического характера. Число «реальных» аварий на дороге тоже возросло, но не настолько драматично – часть прироста 2024 г. обусловлена тем, что теперь регистрируются происшествия, которые ранее не попадали в статистику (например, если травмы были незначительными и не оформлялись через больницу). Тем не менее, даже с учётом этого, тренд последних лет негативен.

Таким образом, главными причинами высокой аварийности в Казахстане являются: слабая дисциплина на дорогах, проистекающая из низкой культуры вождения и недостатка контроля; а также объективный рост интенсивности дорожного движения. В 2024 году эти факторы проявились в полной мере, усугубившись, возможно, постпандемийным эффектом и отсутствием эффективных профилактических мер. Позитивное влияние могли бы оказать улучшение инфраструктуры и адресная работа с очагами аварийности, но пока эта работа развита слабо.

Важно подчеркнуть, что рост числа ДТП – это не неизбежность, а следствие вышеперечисленных управляемых причин. Зарубежный опыт демонстрирует, что при последовательной политике (образование, контроль, инфраструктура) можно снижать аварийность даже при росте числа автомобилей. Следовательно, имея на руках подробный анализ причин, Казахстан может разработать комплекс мер для перелома негативного тренда.

Выводы

Анализ статистических данных о ДТП в Казахстане за 2020–2024 гг. позволил сделать следующие основные выводы:

Динамика ДТП: после спада аварийности в 2020 году (вызванного карантинными ограничениями) наблюдалось постепенное увеличение числа ДТП в 2021–2022 гг., переросшее в резкий скачок почти в 2 раза в 2024 году [2]. Этот скачок частично обусловлен изменениями статистического учёта, но также указывает на существенное ухудшение ситуации на дорогах. Общее число зарегистрированных аварий достигло исторического максимума (~30–32 тыс. в год).

Основные причины: доминирующими причинами ДТП являются нарушения ПДД со стороны водителей. На три категории – нарушения правил проезда, неправильное маневрирование и превышение скорости – стабильно приходилось 70–75% всех аварий. С учётом других нарушений водителей (прочие, нарушение требований безопасности) доля человеческого фактора превышает 85–90%. Таким образом, поведение водителей – ключевой фактор аварийности. Доля аварий по вине пешеходов невелика (3–5%), технические неисправности и внешние условия выступают первопричиной в единичных случаях.

Изменения в структуре причин: к 2023–2024 гг. практически устранены случаи с неустановленной причиной – каждая авария получила классификацию. Появилась новая существенная категория «нарушение требований безопасности», достигшая ~10–12% аварий, вероятно связанная с нарушениями общих условий безопасного движения.

Ведущие причины-нарушения (правила проезда, манёвры) в абсолютных цифрах выросли пропорционально общему росту ДТП. Аварии из-за превышения скорости росли медленнее, что могло уменьшить их долю, но не снимает проблему скоростного режима.

Сезонно-временные особенности: аварийность демонстрирует чёткий сезонный характер – минимум зимой, максимум летом и ранней осенью, что связано с активностью дорожного движения. Время суток также влияет: 70% ДТП происходит днём, тогда как ночью – около 10–12%. При ясной погоде и на сухом покрытии совершается подавляющая часть аварий (85–90%). То есть большинство ДТП случается при благоприятных условиях, когда фактором риска становится именно людской фактор.

Региональное распределение: более половины всех ДТП концентрируется в нескольких крупных регионах (Алматы, Астана, Шымкент и прилегающие области). Мегаполисы вносят наибольший вклад из-за плотного трафика. В 2024 году рост аварийности затронул все области, наиболее резко – отдельные западные и южные регионы (>150% прирост). Различия между регионами объясняются уровнем автомобилизации, интенсивностью движения и, вероятно, разницей в контроле за соблюдением ПДД.

Факторы роста аварийности: главными причинами негативного тренда выступают ослабление дорожного контроля и низкая культура вождения. После реформирования дорожной полиции нарушения ПДД стали фиксироваться в основном камерами, что недостаточно для профилактики сложных нарушений. Массовое игнорирование правил (выезд на встречную, нарушение разметки, непредоставление дороги) привело к росту числа конфликтных ситуаций на дорогах. Увеличение количества автомобилей (особенно за счёт неопытных водителей) при отсутствии адекватного обучения и воспитания водителей также внесло вклад в рост ДТП.

В совокупности, ситуация 2024 года стала следствием накопления системных проблем: человеческий фактор вышел из-под эффективного контроля. Если не принять меры, высокие показатели аварийности могут сохраниться или ухудшиться, несмотря на техническое оснащение дорог.

Заключение

Проведённый анализ подтвердил, что рост ДТП в Казахстане в последние годы имеет в основе управляемые причины — человеческие ошибки и просчёты в организации дорожного движения. Это означает, что проблему аварийности можно и нужно решать путём целенаправленных мер. Приоритетными направлениями должны стать повышение личной ответственности водителей, неотвратимость наказания за нарушения, а также создание безопасной дорожной среды.

Проблему можно решать целенаправленно и системно, уделяя особое внимание следующим ключевым направлениям.

Первое - повышение личной ответственности водителей. Для этого необходимы не только образовательные кампании, направленные на формирование культуры безопасного вождения и соблюдение правил дорожного движения, но и внедрение регулярных тренингов и программ повышения квалификации для всех категорий водителей. Особое внимание следует уделять таким вопросам, как предотвращение вождения в состоянии усталости, отказ от алкоголя и наркотиков за рулём, а также контролю скорости.

Второе - неотвратимости наказания за нарушения. Эффективная система контроля и штрафных санкций играет решающую роль в снижении числа правонарушений. Важно усилить автоматизацию контроля — камеры фиксации нарушений, интегрированные с системами быстрых штрафов, а также использовать современные технологии для выявления и документирования опасного поведения на дороге. Это повысит уровень дисциплины и послужит профилактикой повторных нарушений.

Третье - создание безопасной дорожной среды. Организационные меры должны включать оптимизацию и модернизацию городской и загородной инфраструктуры:

устранение дефектов дорожного покрытия, улучшение освещения, особенно в зонах с высокой аварийностью, внедрение современных систем безопасности на дорогах (разметка, предупреждающие знаки, физические барьеры). Важно также планировать дорожные сети с учётом анализа аварийности и рисков, создавая выделенные полосы и безопасные переходы для пешеходов.

Системный подход к проблеме на основе выявленных управляемых причин ДТП в Казахстане позволит значительно снизить аварийность и повысить безопасность на дорогах. Внедрение комплексных мер, сочетающих повышение сознательности каждого водителя, строгое соблюдение и контроль правил, а также улучшение дорожной инфраструктуры, станет залогом устойчивого прогресса в области безопасности дорожного движения.

По предварительным оценкам, ежегодные социально-экономические потери от ДТП составляют несколько триллионов тенге, что эквивалентно существенной доле ВВП страны.

Список литературы

1. Zhu L., Zhang Z., Song D., Chen B. Analysis of traffic accident causes based on data augmentation and ensemble learning with high-dimensional small-sample data // *Expert Systems with Applications*. – 2024. – Vol. 237, Part C. – P. 121782. – ISSN 0957-4174. – DOI: 10.1016/j.eswa.2023.121782.
2. Комитет правовой статистики и специальных учётов Генеральной прокуратуры Республики Казахстан. Данные о зарегистрированных ДТП (2020–2024 гг.).
3. Rajee A., Satu M.S., Abedin M.Z., Ali K.M.A., Aloteibi S., Moni M.A. WFFS — An ensemble feature selection algorithm for heterogeneous traffic accident data analysis // *Knowledge-Based Systems*. – 2024. – Vol. 311. – P. 113089. – ISSN 0950-7051. – DOI: 10.1016/j.knosys.2024.113089.
4. Nowakowska M. Road traffic accident patterns: a conceptual grouping approach to evaluate crash clusters // *Archives of Transport*. – 2012. – Vol. 24, №1. – P. 73–98. – DOI: 10.2478/v10174-012-0006-4.
5. Thomas P., Morris A., Talbot R., Fagerlind H. Identifying the causes of road crashes in Europe // *Annals of Advances in Automotive Medicine*. – 2013. – Vol. 57. – P. 13–22. – PMID: 24406942. – PMCID: PMC3861814.
6. Nowakowska M. Road traffic accident patterns: a conceptual grouping approach to evaluate crash clusters // *Archives of Transport*. – 2012. – Vol. 24, №1. – P. 73–98. – DOI: 10.2478/v10174-012-0006-4.
7. European Commission. Road safety thematic report – Main factors causing fatal crashes. European Road Safety Observatory. – Brussels: Directorate General for Transport, 2024.
8. European Commission. Road safety thematic report – Main factors causing fatal crashes. European Road Safety Observatory. – Brussels: Directorate General for Transport, 2024.
9. Hauer E. Crash causation and prevention // *Accident Analysis & Prevention*. – 2020. – Vol. 143. – P. 105528.
10. World Health Organization. Fact sheet on Road Traffic Injuries. – Режим доступа: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/road-traffic-injuries> (дата обращения: октябрь 2023).
11. CEREMA. Les facteurs d'accidents mortels en 2015: Exploitation de la base FLAM. Rapport d'étude. – Lyon, France: Cerema, 2021.
12. World Health Organization. Global Status Report on Road Safety 2018. – Geneva: WHO, 2018. – Режим доступа: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/.
13. Aati K., Houda M., Alotaibi S., Khan A.M., Alselami N., Benjeddou O. Analysis of Road Traffic Accidents in Dense Cities: Geotech Transport and ArcGIS // *Transportation*

Engineering. – 2024. – Vol. 16. – P. 100256. – ISSN 2666-691X. – DOI: 10.1016/j.treng.2024.100256.

14. Борисов Б.И. Определение причины дорожно-транспортного происшествия // Инновационная наука. – 2015. – №4. – С. 29–31.

15. Почему число аварий резко выросло в Казахстане – рассказал МВД. – Режим доступа: <https://tengrinews.kz/autonews/pochemu-chislo-avariy-rezko-vyiroshlo-kazahstane-rasskazal-559668/>.

Авторлар туралы мәліметтер:

1) Закиржан Данияр - "ҚазжолҒЗИ" АҚ нормативтік-техникалық қамтамасыз ету және жол қауіпсіздігі департаментінің жетекші маманы, Астана, Қазақстан, daniyartzakirzhan@gmail.com

2) Фазылжанова Аяулым Жалеловна - "ҚазжолҒЗИ" АҚ нормативтік-техникалық қамтамасыз ету және жол қауіпсіздігі департаментінің бас маманы, Астана, Қазақстан, a.zhalelkyzy@gmail.com

3) Агавов Тимур Бекевович - "ҚазжолҒЗИ" АҚ нормативтік-техникалық қамтамасыз ету және жол қауіпсіздігі департаментінің бас маманы, Астана, Қазақстан, agavov-timur@mail.ru

Сведения об авторах:

1) Закиржан Данияр – ведущий специалист Департамента нормативно-технического обеспечения и безопасности автодорог АО «КаздорНИИ», Астана, Казахстан, daniyartzakirzhan@gmail.com

2) Фазылжанова Аяулым Жалеловна - Главный специалист Департамента нормативно-технического обеспечения и безопасности автодорог АО "КаздорНИИ", Астана, Казакстан, a.zhalelkyzy@gmail.com

3) Агавов Тимур Бекевович - Главный специалист Департамента нормативно-технического обеспечения и безопасности автодорог АО "КаздорНИИ", Астана, Казакстан, agavov-timur@mail.ru

Information about authors:

1) Zakirzhan Daniyar – a leading specialist of the Department of Regulatory and Technical Support and Road Safety of KazdorNII JSC, Astana, Kazakhstan, daniyartzakirzhan@gmail.com

2) Fazylzhanova Ayaulym Zhalelovna - Chief Specialist of the Department of Regulatory and Technical Support and Road Safety of KazdorNII JSC, Astana, Kazakhstan, a.zhalelkyzy@gmail.com

3) Agavov Timur Bekevovich - Chief Specialist of the Department of Regulatory and Technical Support and Road Safety of KazdorNII JSC, Astana, Kazakhstan, agavov-timur@mail.ru

Вклад авторов:

Закиржан Данияр - концепция, анализ, подготовка текста, редактирование

Фазылжанова Аяулым Жалеловна - методология, ресурсы, сбор данных

Агавов Тимур Бекевович - подготовка текста, редактирование

Конфликт интересов: Автор заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Использование искусственного интеллекта (ИИ): при подготовке статьи использовался искусственный интеллект.

ЖОЛ-КӨЛІК ОҚИҒАЛАРЫНЫҢ СЕБЕПТЕРІН ТАЛДАУ (2020–2024 ЖЫЛДАР)

Закиржан Данияр^{1*}, Фазылжанова Аяулым¹, Агавов Тимур¹

¹«Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» акционерлік қоғамы
(Нормативтік-техникалық қамтамасыз ету және жол қауіпсіздігі департаменті)

*Корреспондент автор: daniyartzakirzhan@gmail.com

Аңдатпа. Мақалада 2020–2024 жылдар аралығындағы Қазақстандағы жол-көлік оқиғаларына (ЖКО) ресми статистика негізінде талдамалық шолу жасалған. ЖКО санының динамикасы қарастырылып, апаттардың негізгі себептері олардың үлесі мен зерттелген кезеңдегі өзгерістерімен бірге анықталған. Маусымдық және өңірлік ерекшеліктеріне жеке назар аударылған. ЖКО-ның негізгі факторлары – жүргізушілер тарапынан жол қозғалысы ережелерін бұзу (жылдамдықты асыру, жүру кезектілігін сақтамау, дұрыс маневр жасамау және т.б.) екені, олардың басым көпшілігі апатқа әкелетіндігі анықталды.

Тенденциялар талданды: 2020 жылы пандемияға байланысты енгізілген шектеулер нәтижесінде апаттар санының азаюы; 2021–2022 жылдары біртіндеп өсуі; 2024 жылы апаттылықтың екі есеге жуық күрт артуы. Жол қозғалысына қатысушылардың мінез-құлқы мен апаттылық деңгейі арасындағы себеп-салдарлық байланыстар бойынша қорытындылар жасалды. ЖКО санын азайту үшін жол қозғалысы қауіпсіздігін қамтамасыз ету шараларын күшейтуге бағытталған ұсыныстар берілді.

Түйінді сөздер: жол-көлік оқиғалары, жол қозғалысы қауіпсіздігі, апаттылық, инфрақұрылым.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF ROAD TRAFFIC ACCIDENTS IN KAZAKHSTAN (2020–2024)

Zakirzhan Daniyar^{1*}, Fazylzhanova Ayaulym¹, Agavov Timur¹

¹Joint Stock Company “Kazakhstan Road Research Institute”
(Department of Regulatory and Technical Support and Road Safety)

*Corresponding author: daniyartzakirzhan@gmail.com

Abstract. This article presents an analytical review of road traffic accidents (RTAs) in Kazakhstan for the period 2020–2024 based on official statistics. The dynamics of accident numbers are examined, key causes of accidents are identified along with their share and changes over the study period. Special attention is given to seasonal and regional patterns of accident rates. It was established that the main factors contributing to RTAs are traffic rule violations by drivers (speeding, failure to give way, improper maneuvering, etc.), which account for the overwhelming majority of incidents.

Trends were analyzed: a decrease in accidents in 2020 due to restrictions associated with the COVID-19 pandemic; gradual growth in 2021–2022; and a sharp increase in accident rates - nearly doubling—in 2024. Conclusions were drawn on the cause-and-effect relationships between road user behavior and accident levels. Recommendations were proposed to reduce RTAs through strengthened road safety measures.

Keywords: road traffic accidents, road safety, accident rate, infrastructure.





<https://doi.org/10.71031/qhsi.2024.v1.i3.004>

TO THE ISSUE OF RAILROAD WATER SUPPLY

G.M. Abdusalikova¹, <https://orcid.org/0000-0002-5690-3976>  L.M. Utepbergenova¹, A.E. Gaisina^{1*}

¹L.N.Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

*Corresponding author: utepber78@mail.ru

Abstract. The article discusses key problems related to water supply in railway transportation. The author analyzes the current state of water supply infrastructure, identifying the main shortcomings, such as outdated technologies, high water losses and poor quality of supplied water. Special attention is paid to modern challenges, including safety and environmental requirements, as well as the need for innovative solutions to improve the efficiency of water supply system. The article also discusses the prospects for infrastructure modernization, including the use of automated control systems, energy efficient technologies and water treatment methods. Finally, recommendations for improving water supply on railroads are offered, emphasizing the importance of an integrated approach that includes both technical and organizational measures.

Keywords: water supply, station, water tower, water treatment, railroad, modernization, infrastructure.

Introduction

The railroad system plays a key role in the development of the economy and social sphere in any country. The Republic of Kazakhstan is no exception, and its railway system is of strategic importance for the country's transportation infrastructure.

Currently, Kazakhstan has an extensive network of railroads stretching for thousands of kilometers. This system connects the country's major cities and also provides transportation of goods from Kazakhstan to other CIS countries and to the West. The railroad system also serves to move passengers throughout the country.



Figure 1- Main railroad lines in Kazakhstan

Source: https://pbs.twimg.com/media/Dc6BYH0XkAIr_ZE?format=jpg&name=medium

One of the key elements of the railway system in Kazakhstan is Kazakhstan Temir Zholy (KTZ), the largest railway operator in the country. KTZh provides a wide range of services, from transportation of cargo and passengers to maintenance of cars and locomotives. The company is actively developing its infrastructure, modernizing its fleet of locomotives and wagons, and introducing new technologies to increase the efficiency of transportation.

Another important element of the railway system in Kazakhstan is the Central Asian Transit Corridor, which is part of the New Silk Road international transportation infrastructure. This corridor connects the countries of Europe and Asia, providing faster and more efficient transportation of goods.

The railroad system in the Republic of Kazakhstan includes the mainline railroad network. A system of interconnected mainline and station tracks, as well as power supply, heat supply, water supply, signaling, communication, devices, equipment, buildings, structures, facilities, stations and other facilities.

Railway transport provides half of the total freight turnover and transports the majority of export and transit cargo. Modern technologies, investments in development and cooperation with other countries make railway transportation in Kazakhstan efficient and competitive [1].

Five international railroad routes run through the territory of Kazakhstan. The main transit flows serve China's trade with Europe and Central Asia.

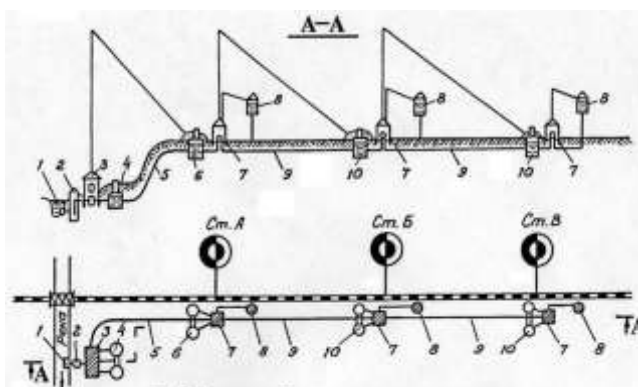
In order to improve the railway system in Kazakhstan, the Government of Kazakhstan is actively working on infrastructure development, equipment modernization and logistics improvement. Large investments in railroad transportation contribute to increasing its capacity, reducing transportation time and improving the quality of service.

The efficiency of railroad transportation directly depends on many factors, among which water supply plays one of the most important roles. Problems with water supply can have a significant impact on the operation of railway transportation, entailing not only delays in train traffic, but also deterioration of working conditions for employees and passengers [2].

Methodology

For the successful operation of a railroad, it is important to ensure its proper water supply.

Water is required for a number of processes related to the operation of rail transportation. First of all, it is required for cleaning and maintenance of trains, wagons and railway infrastructure. Without maintaining a proper level of hygiene and cleanliness, not only does the aesthetics of the vehicle decrease, but also the risk of accidents and malfunctions increases [2].



1 - water intake; 2 - coastal well; 3 - pumping stations of I and II lifts, combined with treatment facilities; 4 - clean water tanks; 5, 9 - pressure pipelines; 6, 10 - storage tanks at railway stations; 7 - linear pumping stations; 8 - water towers.

Figure 2- Technological scheme of the railway station water supply with longitudinal water pipelines

In addition, water plays an important role in the cooling system of engines, mechanisms and other components of railway transportation. If the water supply is insufficient, there is a risk of equipment overheating and further breakdown, which can lead to delays in train schedules and increased repair costs. A train requires a significant amount of water for cooling engines and for other technological processes for normal operation [3]. Lack of water can lead to temporary stoppages or even canceled trips. In regions with water supply problems, train schedules can be disrupted, causing passenger dissatisfaction and increased costs for additional transportation. Train delays result not only in economic losses, but also in reduced confidence in the rail transportation system.

In some cases, water supply is necessary for the functioning of systems responsible for traffic safety, such as brakes and control systems. When water is scarce, locomotives can operate in a mode that leads to increased wear and tear on equipment. This in turn increases the risk of accidents and incidents [4]. If proper water supply is not ensured, a situation may arise where equipment fails during operation, resulting in serious consequences for both passengers and the working service of the railroad.

The lack of water creates unbearable conditions for railroad employees and their passengers. In the hot season, the lack of drinking water in the carriages leads to deterioration of passengers' well-being. It is important to note that occupational health and safety regulations require adequate drinking water on the route. Since train maintenance workers also depend on a normal water supply, degradation in the quality of their work affects their productivity and morale. Prolonged exposure to water shortages leads to physiological and psychological problems, which ultimately affects the level of safety and quality of service.

It is important to consider the importance of water supply in meeting the needs of passengers and railroad station personnel. Providing access to clean drinking water and sanitation is essential for the comfort and safety of passengers and staff.

Under the conditions of harsh climate and unstable environmental situation in a number of regions of the Republic of Kazakhstan, problems with water supply can have a serious impact on the operation of railway transportation. Therefore, it is important to develop effective strategies to ensure sustainable water supply for railway transportation, including the development of infrastructure for water protection and treatment, rational use of water resources and training of employees on water economy and environmental issues.

By ensuring adequate water supply, authorities can contribute to the efficient operation of the railway system, increasing passenger safety and comfort, reducing accident risks, and ensuring sustainable development of the transportation industry [4, 5].

There are serious problems of insufficient water supply to railroad stations. One of such problems is the lack of water for technical needs at railway stations. Insufficient water can lead

to station shutdown, which in turn will cause problems with freight and passenger transportation. It is necessary to pay special attention to this issue and develop effective measures to increase water supply at railway stations.

Another problem is poor quality water supplied to railroad stations. Insufficiently clean water can damage the equipment and infrastructure of the station, which can also lead to downtime and disruption of work schedules. It is necessary to control the quality of water that is used at railway stations and regularly check its compliance with standards [5].

The lack of water creates unbearable conditions for railroad employees and their passengers. In the hot season, the lack of drinking water in the carriages leads to deterioration of passengers' well-being. It is important to note that occupational health and safety regulations require adequate drinking water on the route. Since train maintenance workers also depend on a normal water supply, degradation in the quality of their work affects their productivity and morale. Prolonged exposure to water shortages leads to physiological and psychological problems, which ultimately affects the level of safety and quality of service.

It is important to consider the importance of water supply in meeting the needs of passengers and railroad station personnel. Providing access to clean drinking water and sanitation is essential for the comfort and safety of passengers and staff.

Under the conditions of harsh climate and unstable environmental situation in a number of regions of the Republic of Kazakhstan, problems with water supply can have a serious impact on the operation of railway transportation. Therefore, it is important to develop effective strategies to ensure sustainable water supply for railway transportation, including the development of infrastructure for water protection and treatment, rational use of water resources and training of employees on water economy and environmental issues.

By ensuring adequate water supply, authorities can contribute to the efficient operation of the railway system, increasing passenger safety and comfort, reducing accident risks, and ensuring sustainable development of the transportation industry [4, 5].

There are serious problems of insufficient water supply to railroad stations. One of such problems is the lack of water for technical needs at railway stations. Insufficient water can lead to station shutdown, which in turn will cause problems with freight and passenger transportation. It is necessary to pay special attention to this issue and develop effective measures to increase water supply at railway stations.

Another problem is poor quality water supplied to railroad stations. Insufficiently clean water can damage the equipment and infrastructure of the station, which can also lead to downtime and disruption of work schedules. It is necessary to control the quality of water that is used at railway stations and regularly check its compliance with standards [5].

In addition, the remoteness of some stations and facilities from large bodies of water makes them dependent on wells and underground sources, which often leads to problems with water quality and quantity [5, 6].

Inefficient water supply system on the railroads of Kazakhstan has a number of negative consequences that affect the entire transportation industry:

- Decrease in the quality of services. Lack of quality water directly affects travel conditions for passengers and reduces the operational capacity for freight transportation;
- increased costs. Inefficiency of the water supply system leads to an increase in operating costs, which in turn can lead to an increase in transportation tariffs;
- environmental concerns. Water losses in systems, as well as inefficient use of resources, can negatively impact the environment, exacerbating water scarcity problems in the region.

Results and Discussion

The problems of water supply in railway transportation remain topical, especially in the context of growing requirements to the quality of service and safety. One of the most effective solutions to this problem is the modernization of water supply infrastructure. Investing budget

funds in the renovation of old water supply facilities can lead to many positive changes that will contribute to improving water quality and reducing losses [6].

1. Renovation of old water supply facilities. The existing water supply infrastructure at many railroad stations and depots is often outdated and does not meet modern requirements. Modernization of these facilities includes replacement of old pipelines, pumping stations and filtration systems. This will not only reduce physical water losses, but will also significantly improve water quality, as new treatment and filtration technologies can effectively remove contaminants.

2. Introduction of modern technologies. Modern technologies, such as automated water supply management systems, allow for more efficient control of water supply and distribution processes. The use of sensors and real-time monitoring systems can help quickly identify leaks and anomalies in system performance, reducing repair and operating costs. The introduction of purification technologies such as membrane systems or ultraviolet sterilization will also significantly improve the quality of the water supplied.

3. energy efficiency and sustainable development. Modernization of water infrastructure should also take energy efficiency into account. Installing energy-efficient pumps and control systems can significantly reduce electricity consumption, which in turn reduces operating costs. In addition, the use of alternative energy sources such as solar panels to power water supply facilities will contribute to sustainable development and reduce the carbon footprint.

4. Staff training and development. For successful implementation of modernization projects, attention must also be given to training and staff development of personnel working on water supply systems. Specialists should be familiar with modern technologies and working methods, which will allow them to effectively manage the upgraded infrastructure and quickly respond to emerging problems.

5. Financing and state support. Adequate funding must be provided to implement water infrastructure modernization proposals. State agencies should develop support programs to leverage investment in upgrading water supply facilities on railroads. This may include both direct budgetary investments and the creation of favorable conditions for private investors.

Modernization of water supply infrastructure in railway transport is a necessary step to solve existing problems. Investing budgetary funds in the renovation of old water supply facilities will lead to reduced losses, improved water quality and increased overall efficiency of railway transportation [7]. Modern technologies, energy-efficient solutions and trained personnel are the key factors contributing to the successful implementation of this initiative. Only an integrated approach to modernization will make it possible to create a reliable and safe water supply system that meets modern requirements and challenges.

Conclusion

Modernization of water supply infrastructure in railway transport is a necessary step to solve existing problems. Investing budgetary funds in the renovation of old water supply facilities will lead to reduced losses, improved water quality and increased overall efficiency of railway transportation [7]. Modern technologies, energy-efficient solutions and trained personnel are the key factors contributing to the successful implementation of this initiative. Only an integrated approach to modernization will make it possible to create a reliable and safe water supply system that meets modern requirements and challenges.

List of references

1. Dikarevsky V.S. et al. Water supply and water disposal on the railway transportation. Textbook for universities of railway transport. - Moscow: Transport, 2015. - 440 c.
2. Law of the Republic of Kazakhstan dated December 8, 2001 N 266-II On railway transport.

2. Bagazhov V.V. Self-propelled rolling stock: a textbook for professional training of railway transport workers / V.V. Bagazhov, A.P. Bolshakov, N.L. Lorer. - Moscow: ucheb.-metodicheskiy center for education on the railway transport, Transportnaya kn., 2019. - 614 c.
3. Kunz K.L. About the problem of water quality in the railway water supply systems // Problems of hydraulics, water supply, water removal: Collection of scientific articles Novosibirsk, 2020. C. 33-36.
4. Azerier, S.H. Water supply on the railway transportation. Volume 2 / S.H. Azerier. - Moscow: Book on Demand, 2012. - 509 c.
5. Ovechkina, Zh.V.; Yudaeva, O.S.; Grechushnikova, D.V. Ensuring the sanitary and hygienic safety of passenger travel on the railway transport // Proceedings of the XI All-Russian Congress of hygienists and sanitary doctors. - T. 1. - M., 2012. - C. 609-612.
6. Yudaeva O.S., Grechushnikova D.V. Sanitary and hygienic tests of the prototype of the water disinfection unit for passenger cars of locomotive traction // Collection of works of scientists and specialists of the transport industry, II issue - M., 2016. - C. 32-39.
7. Kaskov Yu.N. Scientific substantiation and implementation of the system of priority measures to ensure sanitary and epidemiological well-being on the railway transport in the conditions of administrative reform // Dissertation for the degree of Doctor of Medical Sciences. - SpbU, 2014. - 380 c.

Information on the authors:

Абдукаликова Г.М. - «Құрылыс» кафедрасының аға оқытушы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан, abdukalilova_gm@mail.ru

Утепбергенова Л.М - т.ғ.к., «Құрылыс» кафедрасының доценті м.а., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан, utepber78@mail.ru

Гайсина А.Е - Магистрант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан, aruzhangaisina@gmail.com

Абдукаликова Г.М. - старший преподаватель, НАО «Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева», г.Астана, Казахстан, abdukalilova_gm@mail.ru

Утепбергенова Л.М - к.т.н., доцент, НАО «Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева», г.Астана, Казахстан, utepber78@mail.ru

Гайсина А.Е - Магистрант, НАО «Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева», г.Астана, Казахстан, aruzhangaisina@gmail.com

Abdukalikova G.M. - Senior instructor, L.N.Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, abdukalilova_gm@mail.ru

Utepbergenova L.M. - Candidat of Technical Sciences, associate Professor, L.N.Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, utepber78@mail.ru

Gaisina A.E - Master's student, L.N.Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, aruzhangaisina@gmail.com

ТЕМІРЖОЛ СУМЕН ЖАБДЫҚТАУ МӘСЕЛЕСІ

**Г.М. Абдукаликова¹, <https://orcid.org/0000-0002-5690-3976> Л.М. Утепбергенова¹,
А.Е. Гайсина^{1*}**

¹ Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

*Корреспондент автор: utepber78@mail.ru

Аннотация. Мақалада теміржол көлігіндегі сумен жабдықтауға байланысты негізгі мәселелер қарастырылады. Автор ескірген технологиялар, судың жоғары шығыны және

жеткізілетін судың сапасыздығы сияқты негізгі кемшіліктерді анықтау арқылы су инфрақұрылымының ағымдағы жағдайын талдайды. Қауіпсіздік пен экологияға қойылатын талаптарды, сондай-ақ сумен жабдықтау жүйелерінің тиімділігін арттыру үшін инновациялық шешімдерді енгізу қажеттілігін қоса алғанда, қазіргі заманғы сын-тегеуріндерге ерекше назар аударылады.

Сондай-ақ, мақалада инфрақұрылымды модернизациялау перспективалары, соның ішінде автоматтандырылған басқару жүйелерін, энергияны үнемдейтін технологияларды және суды тазарту әдістерін қолдану талқыланады. Қорытындылай келе, техникалық және ұйымдастырушылық шараларды қамтитын кешенді тәсілдің маңыздылығына назар аударып, теміржолдарда сумен жабдықтауды жақсарту бойынша ұсыныстар ұсынылды.

Түйін сөздер: сумен жабдықтау, станция, су мұнарасы, суды дайындау, теміржол, жаңарту, инфрақұрылым.

К ВОПРОСУ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

**Г.М. Абдукаликова¹, <https://orcid.org/0000-0002-5690-3976> Л.М. Утепбергенова¹,
А.Е. Гайсина^{1*}**

¹ НАО «Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева», г.Астана, Казахстан

*Корреспондент автор: utepber78@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые проблемы, связанные с водоснабжением на железнодорожном транспорте. Автор анализирует текущее состояние инфраструктуры водоснабжения, выявляя основные недостатки, такие как устаревшие технологии, высокие потери воды и низкое качество подаваемой воды. Особое внимание уделяется современным вызовам, включая требования к безопасности и экологии, а также необходимость внедрения инновационных решений для повышения эффективности систем водоснабжения.

Статья также обсуждает перспективы модернизации инфраструктуры, включая использование автоматизированных систем управления, энергоэффективных технологий и методов очистки воды. В заключение предложены рекомендации по улучшению водоснабжения на железных дорогах, акцентируя внимание на важности комплексного подхода, включающего как технические, так и организационные меры.

Ключевые слова: водоснабжение, станция, водонапорная башня, подготовка воды, железная дорога, модернизация, инфраструктура.



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



<https://doi.org/10.71031/qhsi.2024.v1.i3.005>

ТҰРАҚТЫ ЖОЛ ЖАБЫНДАРЫ: ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТАЗА ҚОСПАЛАРДЫҢ БИТУМНЫҢ ЕНУ ДӘРЕЖЕСІНЕ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Дінмұхамбет Алижанов^{1*}, Галина Назаренко¹,
Темирлан Женисов¹, Актоты Агисова¹

¹«Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ, Астана, Қазақстан

*Корреспондент автор: dimash_a92@mail.ru

Аңдатпа. Битум Қазақстанның әртүрлі климаты төзімділік пен сенімділік үшін ерекше қасиеттерді талап ететін жол құрылысына арналған асфальтбетон қоспаларында негізгі байланыстырушы материал ретінде қызмет етеді. Бұл зерттеу 50/70 маркалы битумды жаздың тым жоғары температурасымен танымал елдің оңтүстік аймақтарында пайдалану мүмкіндігін зерттейді. Дәстүрлі түрде 70/100 және 100/130 маркалы битумдар әсіресе оңтүстік және солтүстік аймақтарда қолданылғанымен, жеткізу қиындықтары мен сұраныстың артуына байланысты 50/70 сыныбы сияқты баламаларға қызығушылық артып келеді. Дегенмен, жоғары термиялық кернеу кезінде оның құрылымдық тұтастығына қатысты алаңдаушылық одан әрі талдауды қажет етеді. Зерттеу 50/70 және 70/100 битум маркаларының өнімділігін енуге, жұмсарту нүктесіне, тұтқырлыққа және адгезияға бағытталған зертханалық сынақтар арқылы салыстырады. Мақсат – Оңтүстік Қазақстанның ерекше климаттық жағдайларында жол құрылысы үшін 50/70 битумның орындылығын бағалау және өнімділігін арттыру үшін модификацияларды зерттеу. Нәтижелер битумды оңтайландыруға ықпал етеді.

Түйінді сөздер: битум, асфальтбетон қоспалары, жол құрылысы, модификацияланған битум, полимерлі қоспалар, жұмсарту нүктесі, тұтқырлық, адгезия

Кіріспе

Битум асфальтбетон қоспаларында негізгі байланыстырушы материал қызметін атқара отырып, Қазақстандағы жолдарды салу мен жөндеуде шешуші рөл атқарады. Жол битумы құрылыс материалтану тұрғысынан мұнайды өңдеу арқылы алынатын күрделі органикалық материал болып табылады. Ол жоғары молекулалық көмірсутектерден және олардың асфальтен, шайыр және май сияқты туындыларынан тұрады. Бұл құрамдас бөліктер оның тұтқырлығын, адгезия қасиеттерін және температура ауытқуларына төзімділігін анықтайды, сайып келгенде, Қазақстанның әртүрлі климатында ерекше маңызды болып табылатын жол төсемінің беріктігі мен сапасын анықтайды. Битумның физика-химиялық қасиеттерін зерттеу оны жол құрылысында пайдалануды оңтайландыруға мүмкіндік береді, жол төсемдерінің беріктігі мен сенімділігін қамтамасыз етеді. Бұл мәселеге шетелдік және отандық зерттеушілердің бірқатар еңбектері арналған [1-3].

Қазақстандағы жол құрылысында еліміздің климаттық аймақтарының ерекшеліктеріне сәйкес келетін битумның әртүрлі сорттары қолданылады. Осылайша, [4.5]-де климаты күрт континенталды елдерде, оның ішінде Қазақстанда 70/100 және 100/130 маркалы битуммен асфальтбетонды жабындысы бар автомобиль жолдарын пайдалану

кезінде бірінші қыс маусымында оларда төмен температуралы жарықтар пайда болатыны атап өтілген.

Қазақстандағы асфальтбетонды жол құрылысының ерекшеліктері жол төсеу технологияларын және аралас композицияны жергілікті пайдалану жағдайларына бейімдеу қажеттілігімен байланысты. Температураның ауытқуы, тасымалдау жүктемелерінің қарқындылығы, сондай-ақ ультракүлгін сәулелену мен ылғалдың әсері сияқты факторларды ескеру маңызды. Аймаққа және жол жамылғысының ерекшеліктеріне байланысты битумның әртүрлі модификациялары, соның ішінде олардың физикалық-механикалық қасиеттерін жақсартатын полимерлі қоспалар қолданылуы мүмкін [6,7].

Битумның қасиеттерін жақсартудың кең таралған әдістерінің бірі оны полимерлермен модификациялау болып табылады. Сонымен қатар айтарлықтай нәтижеге қол жеткізу экономикалық шығындармен және модификациялау процесінің технологиялық күрделілігімен байланысты, оны қалдықтар мен қайта өңделген өнімдерді пайдалану арқылы шешуге болады [4-6].

Бұл зерттеудің мақсаты 50/70 маркалы битумды еліміздің оңтүстік өңірлеріндегі автомобиль жолдарының құрылысында пайдалану мүмкіндігін анықтау болып табылады.

Мақсаттары:

- 50/70 және 70/100 маркалы битумдардың көрсеткіштеріне салыстырмалы талдау жүргізу;

- республиканың оңтүстік өңіріндегі жол құрылысында 50/70 маркалы битумды пайдалану мүмкіндігін зерделеу.

Әдістеме

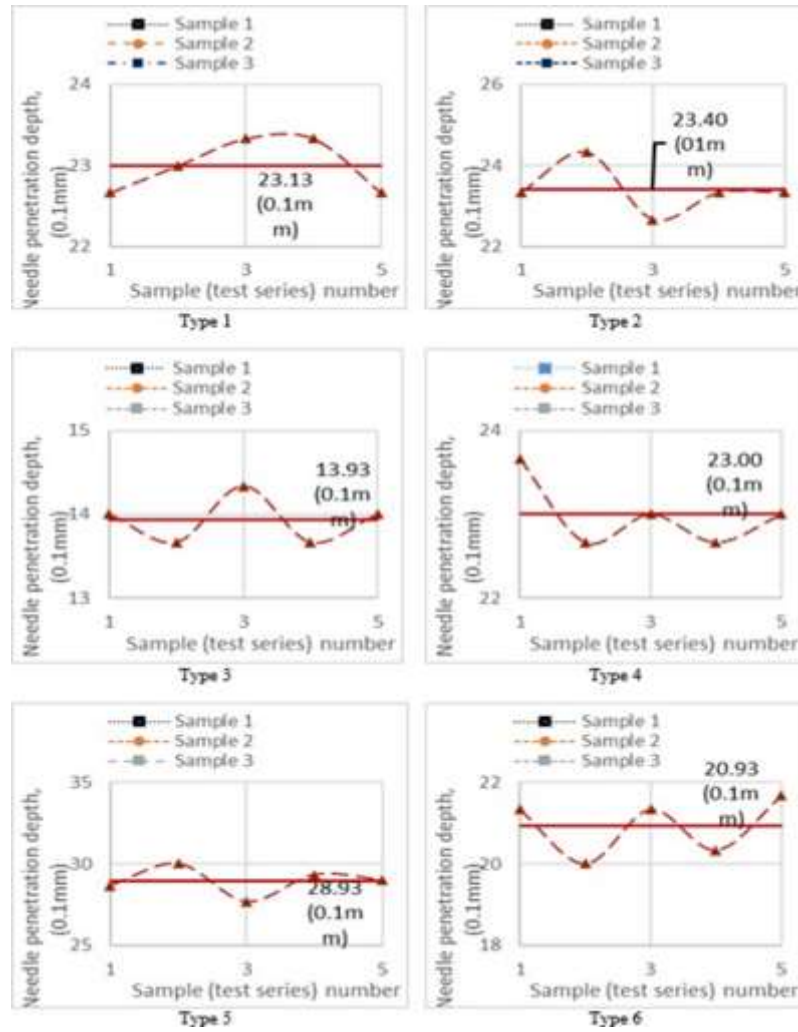
Жол төсемі материалдарының сапасын қамтамасыз ету үшін «ҚазЖолҒЗИ» АҚ зертханасында битумды материалдар халықаралық және ұлттық стандарттарға сәйкес тексерілді. Сынақтардағы негізгі көрсеткіштерге ену, жұмсарту нүктесі, тұтқырлық және адгезия жатады. Бұл сынақтар битумның әртүрлі климаттық жағдайларда қолдануға жарамдылығын және оның төзімділік пен қауіпсіздік талаптарына сәйкестігін анықтауға мүмкіндік береді.

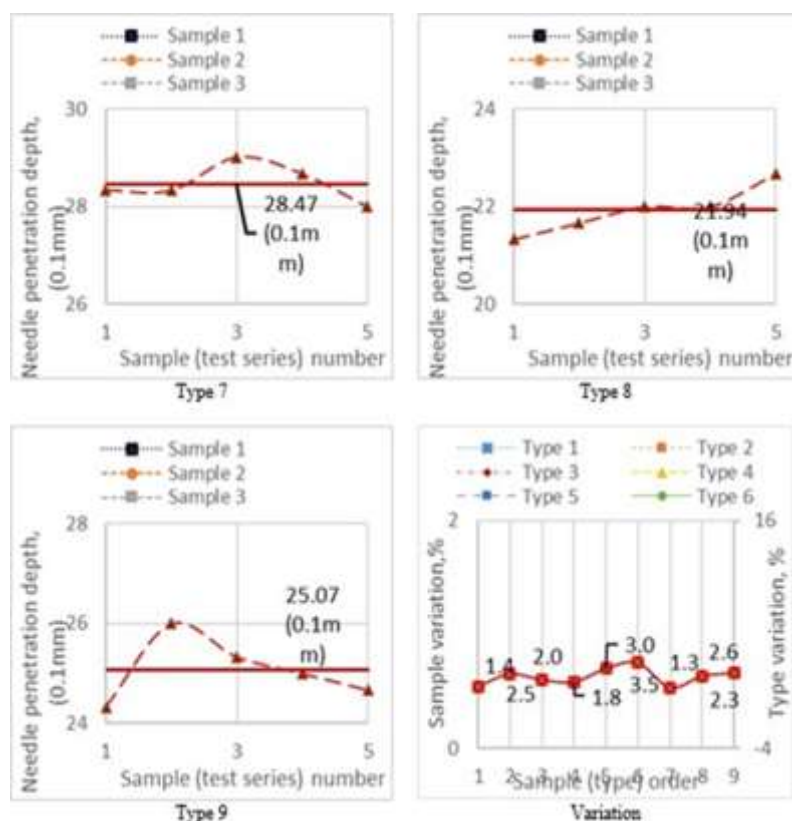
Нәтижелер және талқылау

1-суретте әрбір салыстырылған түрдегі битум үлгілерінің 0°C кезінде иненің өтуінің ішінара және орташа мәндері, сондай-ақ вариация коэффициенттерінің салыстырылуы берілген. Ордината осі сынақтар кезінде иненің ену шкаласын көрсетеді, өлшенген бірлік 0,1 мм-ге тең. Абсцисса осінде әрбір үлгідегі өлшемдердің сериялық нөмірлері (1-3) және сыналған үлгілер бөліміндегі сынақ серияларының сериялық нөмірлері (1-5) (Сынақ сериясының нөмірі) берілген.

Алынған нәтижелер бойынша 1 типті үлгілердің P0 ену индексі 23,0x0,1мм. Абсолютті мәндер 2x0,1мм аспайды, ауытқулар рұқсат етілген шектерде, вариация коэффициентінің максималды мәні 4% аспайды. Ең аз P0 мәндері 3 типті үлгілерде кездеседі, (13,67-14,33) x0,1мм, вариацияның максималды коэффициенті 7,2%. 4-түрдегі үлгілер барлық үлгілердің вариация коэффициенті 4,5%-дан аспайтын (22,67-23,67) x0,1 мм шегінде орналасқан 1 және 2 үлгілерге ұқсас P0 мәндеріне ие. Максималды P0 мәндері 5 типті үлгілерде кездеседі, (27,67-30,00) x0,1мм және вариация 3,5% аспайды. 6 типті үлгілерде P0 мәндері (20,00-21,67) x0,1 мм және вариация коэффициенті 3,0% аспайды. 7 типті үлгілер жоғары P0 мәндерін көрсетті, мысалы, 5 типті үлгілер, (28,00-29,00) x0,1мм аралығында, ұқсас тұрақтылықпен, вариация коэффициенті де 3,5%-дан аспайды. 8 типті үлгілер P0 мәндерін орташадан төмен (21,33-22,67) x0,1мм көрсетті, вариацияның максималды коэффициенті 4,5%. 50/70 үлгілерді түрлендіруден кейін P0 мәндері (24,33-

26,00) x0,1mm-ге дейін аздап өсті, бұл ретте нәтижелердің тұрақтылығы сақталды, вариацияның максималды коэффициенті 4% құрайды.



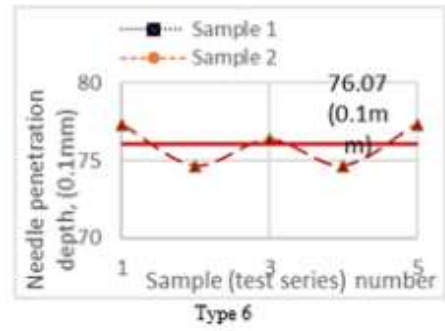
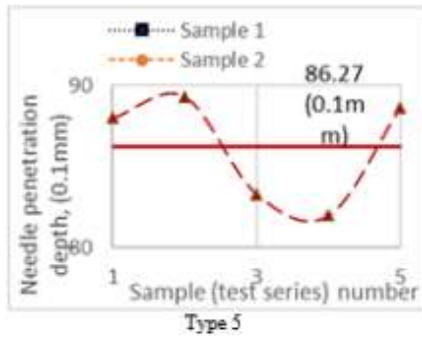
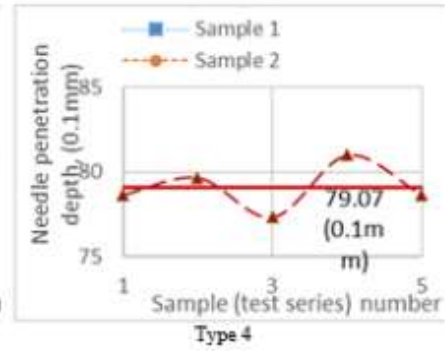
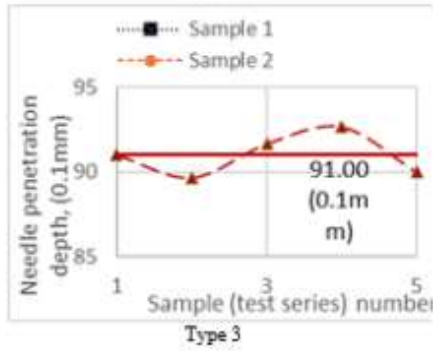
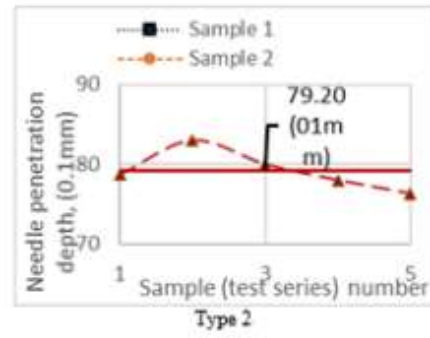
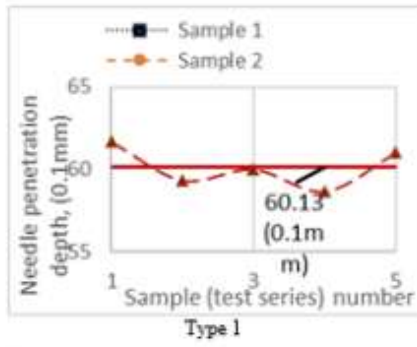


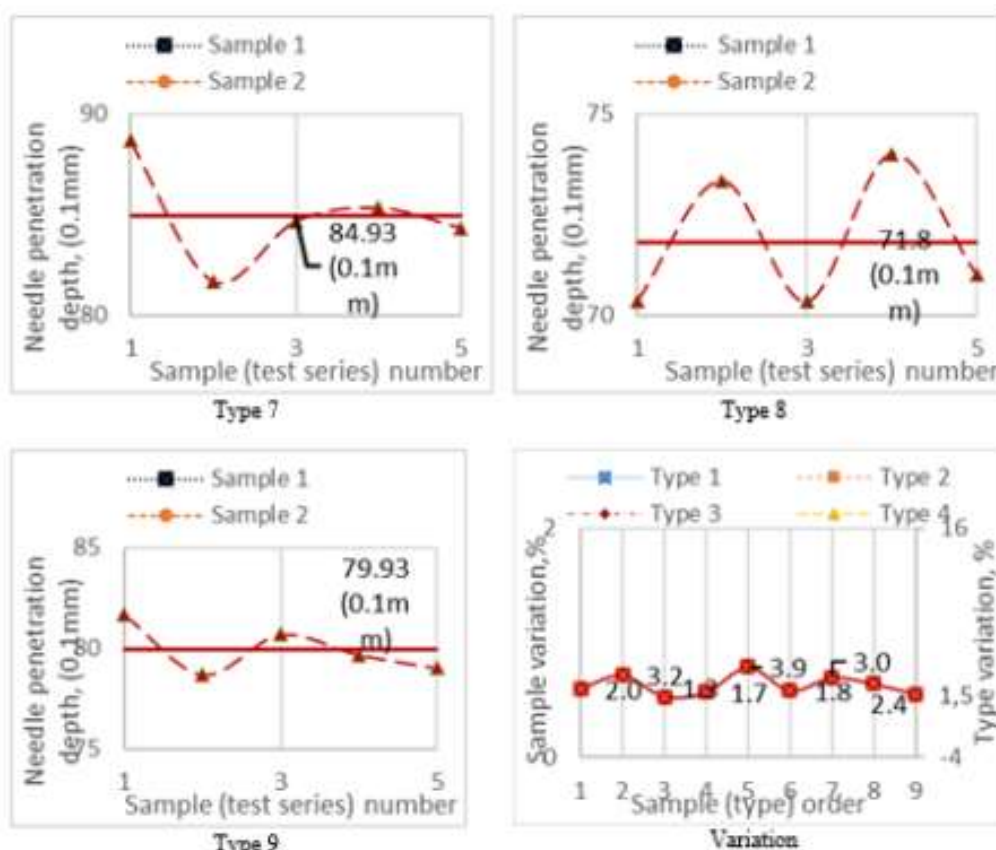
Сурет 1 – 0°C кезіндегі ену нәтижелері

3 типті қоспағанда, әрбір үлгідегі жеке ену мәндерінің өзгеру коэффициенттері 4,5% аспайды, 3 типті үлгілер үшін максималды вариация коэффициенті 7,2% құрайды. Бұл индекстер алынған жеке ену мәндерінің конвергенциясын сипаттайды және басқа типтегі үлгілерге қатысты 3 типті үлгілердің нәтижелерінің салыстырмалы түрде төмен тұрақтылығын көрсетеді. Бұл индекстер енудің алынған жеке мәндерінің қайталануын сипаттайды және әрбір түрдегі енудің алынған орташа мәндерінің жоғары сенімділігін көрсетеді. Алынған нәтижелерді жарамды деп санауға болады, анықталған ауытқулар рұқсат етілген мәндерден аспайды.

2-суретте әрбір салыстырылған түрдегі битум үлгілерінің 25°C кезінде иненің өтуінің ішінара және орташа мәндері, сондай-ақ вариация коэффициенттерінің салыстырылуы көрсетілген. Нәтижелерді графикалық көрсету принципі 0°C-те ену нәтижелеріне ұқсайды.

Диаграммаларға сәйкес (1,2-суреттер) жоғары сортты битум үлгілерінің орташа ену көрсеткіштері P0 24,4x0,1мм. Төмен сортты үлгілерді модификациялаудан кейін ену 8,2%-ға артып, 25,1x0,1мм құрады, бұл жоғары сортты битумның енуінің орташа мәндерінен асып түседі. Модификациядан кейін төмен сұрыпты үлгілердің ену көрсеткіші 24,8%-ға өсті, абсолютті мәндерде 79,9x0,1мм құрады. Бұл мән орташадан аз болса да, кейбір үлгілердің ең төменгі мәндерінен асып түседі жоғары бағалар. 8,1% өзгеру коэффициентін және 95% сенімділік деңгейінде модификацияланған битумның мәні битумның жоғары сорттарының P25 мәндерінің статистикалық қателігінің шегінде жатыр. Осылайша, модификацияланған битум қателігінің жоғарғы шегі 86,4x0,1 мм жетуі мүмкін, бұл оны битумның жоғары сорттарының енуінің абсолютті мәндеріне одан да жақындатады.





Сурет 2 – 25°C-те ену нәтижелері

Қорытынды

1. Айнымалы өндірушілердің енуі бойынша битум сорттарын анықтауға арналған сынақтар кешені орындалды. Зерттеудің мақсаты төменгі сортты битумның оның модификациясынан кейін пластификациялануын және битумның жоғары сорттарының бақылау және орташа көрсеткіштеріне сәйкестігін бағалау болды.

2. Бақылау көрсеткіші ретінде әртүрлі өндірушілердің 0°C (P0) және 25°C (P25) температурасында битумның енуі пайдаланылды, оған қатысты төмен сұрыпты битумды модификациялаудан күтілетін нәтижеге қол жеткізілді.

3. P0 ену өлшемдерінің нәтижелері бойынша төмен сұрыпты битумның бақылау үлгілері 23,0x0,1 мм құрайтын тұрақты мәндерді көрсетті, ал жоғары сортты бақылау үлгілері 13,9x0,1 мм-ден 28,9x0,1 мм-ге дейінгі тереңдікте үлкен ауытқуды көрсетті.

4. P25 ену өлшемдерінің нәтижелері сонымен қатар өзгеру коэффициенті 2,02% құрайтын төмен сұрыпты битумның бақылау үлгілерінің енуінің жеке мәндерінің жоғары жинақтылығын көрсетті, ал P25 абсолютті мәндері - 60,1x0,1 мм. Әртүрлі өндірушілердің жоғары сорттарының бақылау үлгілерінің конвергенциясы аз, бұл 8,09% вариация коэффициентімен, P25 абсолютті мәндерімен дәлелденеді 71,8x0,1 мм-ден 91,0x0,1 мм-ге дейін.

5. Төмен сортты битумға модификаторды қосқаннан кейін ену индексі P0 8,2% және P25 24,8% өсті. P0 индексі 25,1x0,1мм құрады, бұл жоғары сортты битумның орташа ену мәнінен жоғары, яғни 24,4x0,1мм. P25 индексі 86,4x0,1 мм болды, бұл 81,2x0,1 мм жоғары сыныптағы орташа көрсеткіштен асып түседі. Демек, зерттеуге сәйкес оң нәтижеге қол жеткізілді, 50/70 маркалы битум құрамына модификаторды қосу битумның ену белгісін 70/100 дейін арттыруға мүмкіндік берді.

Әдебиеттер тізімі

1. Оңғарбаев Ы., Телтаев Б., Тілеуберді Е., Мансұров З., Росси К.О., Каландра П., Сейілханов Т., Жамболова А., Иманбаев Е.С. Материалдар және өндіріс.- 2024.- Т.24.
2. Шахмов З., Жұмағұлова А., Қоспармақова С., Қожахмет А., Қабдрашит Ж. Технобиус.- 2023.- Т.3 (2).- №0040.
3. Иманбаев Ы., Бусұрманова А., Оңғарбаев Ы., Серікбаева А., Сыдықов С., Табылғанов М., Ақкенжеева А., Изтелеу Н., Мұсабекова З., Амангелдин Д., Тілеуберді Ы. Полимерлер.- 2022.- Т.14(21).- 4729-б.
4. Полимермен модификацияланған асфальтты байланыстырғышқа арналған кешенді әдебиеттерге шолу // CivilEng.- 2024.- <https://www.mdpi.com/2673-4109/4/3/49>
5. Веропалумбо Р., Орето К., Виссионе Н., Руссо Ф. Көлікті зерттеу процедурасы.- 2023.- Т.69.- 225–232 б.
6. Wang D., Yang X., Chu X. және т.б. Journal of Cleaner Production.- 2023.- Т.411.- №137255.
7. Alizadeh S., Shafabakhsh G., Sadeghnejad M. International Journal of Pavement Engineering.- 2023.- Т.24(2).
8. Варгас С.А., Эль Хананде А. Таза технологиялар және қоршаған ортаны қорғау саясаты.- 2024.- Т.26 (2).- 447–465 б.
9. Дворжакова П., Кекен З., Виммерова Л., Ханушова Т. Көлік зерттеу бөлімі D: Көлік және қоршаған орта.- 2024.- Т.133.- №104303.
10. Araujo D. L. V., Santos J., Martinez-Arguelles G. International Journal of Pavement Engineering.- 2023.- Т.24 (2).

Авторлар туралы мәліметтер (үш тілде):

Дінмұхамбет Алижанов – «ҚазжолҒЗИ» АҚ зерттеу зертханасының меңгерушісі, Алматы қ., Қазақстан, dimash_a92@mail.ru

Галина Назаренко – «ҚазжолҒЗИ» АҚ жол-құрылыс материалдары бөлімінің бас маманы, Алматы қ., Қазақстан, g.nazarenko@qazjolgzi.kz

Темирлан Жеңисов – «ҚазжолҒЗИ» АҚ сынақ зертханасының инженері, Астана қ., Қазақстан, t.zhenissov@qazjolgzi.kz

Актоты Агисова – инженер департамента развития науки и инноваций, г. Астана, Казахстан a.agisova@qazjolgzi.kz

Дінмұхамбет Алижанов – заведующий исследовательской лабораторией АО «КаздорНИИ» г. Алматы, Казахстан dimash_a92@mail.ru

Галина Назаренко – главный специалист отдела дорожно-строительных материалов АО «КаздорНИИ», г. Алматы, Казахстан g.nazarenko@qazjolgzi.kz

Темирлан Жеңисов – инженер испытательной лаборатории АО «КаздорНИИ», г. Астана, Казахстан t.zhenissov@qazjolgzi.kz

Актоты Агисова – Ғылым және инновациялық даму департаментінің инженері, Астана, Қазақстан a.agisova@qazjolgzi.kz

Dinmukhambet Alizhanov – Head of the Research Laboratory, JSC KazdorNII, Almaty, Kazakhstan, dimash_a92@mail.ru

Galina Nazarenko – Chief Specialist of the Road Construction Materials Department, JSC KazdorNII, Almaty, Kazakhstan, g.nazarenko@qazjolgzi.kz

Temirlan Zhenissov – Engineer of the Testing Laboratory, JSC KazdorNII, Astana, Kazakhstan, t.zhenissov@qazjolgzi.kz

Aktoty Agisova – engineer of the Department of Science and Innovation Development, Astana, Kazakhstan a.agisova@qazjolgzi.kz

Авторлардың үлесі:

Дінмұхамбет Алижанов – тұжырымдама, әдістеме, ресурстар, деректерді жинау, тестілеу, модельдеу, талдау, визуализация, интерпретация, мәтінді дайындау, редакциялау, қаржыландыру алу.

Галина Назаренко – деректерді жинау, тестілеу, модельдеу, талдау, интерпретация, мәтінді дайындау.

Темирлан Женисов – деректерді жинау, талдау, мәтінді дайындау.

Актоты Агисова – деректерді жинау, тестілеу, визуализация.

Мүдделер қақтығысы:

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Жасанды интеллектті (AI) пайдалану:

Мақаланы дайындау барысында жасанды интеллект тек тілдік редакциялау, грамматикалық және стилистикалық түзетулер енгізу мақсатында қолданылды.

**ТҰРАҚТЫ ЖОЛ ЖАБЫНДАРЫ: ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТАЗА ҚОСПАЛАРДЫҢ
БИТУМНЫҢ ЕНУ ДӘРЕЖЕСІНЕ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ**

Дінмұхамбет Алижанов^{1*}, Галина Назаренко¹, Темирлан Женисов¹, Актоты Агисова¹

¹АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», г. Астана, Казахстан

*Корреспондент автор: dimash_a92@mail.ru

Аннотация. Битум является основным вяжущим в асфальтобетоне, используемом в дорожном строительстве по всему Казахстану, где значительные климатические колебания предъявляют высокие требования к прочности и долговечности. В данной работе рассматривается применимость битума марки 50/70 в южных районах страны, характеризующихся экстремальной летней жарой. Традиционно на юге и севере используются марки 70/100 и 100/130 соответственно. Однако растущий спрос и ограниченное предложение повысили интерес к марке 50/70. В то же время остаются вопросы, касающиеся ее устойчивости к высоким термическим нагрузкам, что требует дополнительных исследований. Для решения этой проблемы были проведены лабораторные эксперименты по сравнению марок 50/70 и 70/100 с акцентом на пенетрацию, температуру размягчения, вязкость и адгезию. Целью является определение пригодности марки 50/70 для климатических условий юга Казахстана и рассмотрение возможных модификаций для улучшения ее характеристик. Ожидается, что полученные результаты будут способствовать более эффективному выбору и оптимизации битума для дорожного строительства.

Ключевые слова: битум, асфальтобетонные смеси, дорожное строительство, модифицированный битум, полимерные добавки, температура размягчения, вязкость, адгезия.

**ECO-FRIENDLY MODIFIERS FOR BITUMEN: ENHANCING PENETRATION
GRADE PROPERTIES TOWARD SUSTAINABLE PAVEMENTS**

Dinmukhambet Alizhanov^{1*}, Galina Nazarenko¹, Temirlan Zhenissov¹, Aktoty Agisova¹

¹JSC «Kazakhstan Road Research Institute», Astana, Kazakhstan

*Corresponding author: dimash_a92@mail.ru

Abstract. Bitumen is the key binder in asphalt concrete used for road construction across Kazakhstan, where significant climatic variation sets high requirements for strength and durability. This work examines the applicability of bitumen grade 50/70 in the southern parts of the country, characterized by extreme summer heat. Traditionally, grades 70/100 and 100/130 are employed in the south and north, respectively. However, rising demand and supply constraints have increased interest in grade 50/70. At the same time, questions remain regarding its resistance to high thermal stresses, which calls for additional study. To address this, laboratory experiments were carried out to compare grades 50/70 and 70/100, focusing on penetration, softening point, viscosity, and adhesion. The aim is to determine the suitability of grade 50/70 for southern Kazakhstan's climatic conditions and to consider possible modifications to improve its performance. The results are expected to support more effective selection and optimization of bitumen for road construction.

Key words: bitumen, asphalt concrete mixtures, road construction, modified bitumen, polymer additives, softening temperature, viscosity, adhesion



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



<https://doi.org/10.71031/qhsi.2024.v1.i3.006>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЯХ

0009-0007-3988-8915 Серик Альмира^{1*}, 0000-0002-6310-2501 Жумагулова Адия¹

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

Корреспондент автор: Almiraserik03@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию эффективности использования мелкодисперсной резиновой крошки в асфальтобетонных смесях для улучшения эксплуатационных характеристик дорожных покрытий в Казахстане. Применение резиновой крошки позволяет существенно снизить скорость образования колеи и увеличить межремонтный период, что снижает бюджетные расходы на ремонт дорог. Исследование имеет значительную экологическую составляющую, направленную на вторичное использование изношенных автомобильных шин, что способствует сокращению отходов и снижению загрязнения окружающей среды. Использование резиновой крошки в асфальтобетоне соответствует принципам устойчивого развития и циркулярной экономики, сочетая экономическую эффективность с экологической ответственностью.

Ключевые слова: резиновая крошка, асфальтобетонные смеси, модификация битума, устойчивое развитие, циркулярная экономика, дорожное строительство, экологическая безопасность.

Введение

Данная работа направлена на исследование эффективности использования резиновой крошки в асфальтобетонных смесях, способной значительно улучшить эксплуатационные характеристики дорожных покрытий в Казахстане. Предварительные результаты показывают, что применение мелкодисперсной резины может в разы снизить скорость колееобразования и существенно увеличить межремонтные сроки, что снизит бюджетные расходы на ремонт дорожных покрытий. Исследование также имеет значительную экологическую составляющую, поскольку направлено на вторичное использование изношенных автомобильных шин, миллионы которых ежегодно оказываются на свалках Казахстана. Использование резиновой крошки в асфальтобетонных дорогах отвечает современным требованиям устойчивого развития инфраструктуры и циркулярной экономики, сочетая экономическую эффективность с экологической ответственностью.

Дорожная инфраструктура Казахстана, несмотря на значительные инвестиции последних лет, продолжает сталкиваться с серьезными проблемами качества и долговечности. По данным министерства индустрии и инфраструктурного развития республики Казахстан, около 2,6 тысяч километров дорог республиканского значения в Казахстане находятся в неудовлетворительном состоянии, а по количеству и тяжести ДТП Казахстан занимает нижние строчки мирового рейтинга безопасности перевозок. Особенно остро стоит проблема образования колеи на дорогах с интенсивным движением транспорта. Это связано с тем, что большинство дорог в стране (86%) спроектированы и построены до 80-х годов в соответствии с нормативными требованиями, допускающими нагрузку со

стороны автомобиля не более 6 тонн. Однако за последние годы современные грузовики и автобусы часто имеют квалифицированную нагрузку более 10 тонн. [1]

Также одним из основных факторов, влияющих на ускоренное разрушение дорожного покрытия, являются резкие температурные колебания в различных регионах страны.

Анализ технического состояния дорожных покрытий в различных климатических зонах Казахстана показывает, что традиционные асфальтобетонные смеси недостаточно устойчивы к экстремальным температурным воздействиям. В южных регионах высокие летние температуры (до 45°С) вызывают размягчение битума и последующую деформацию покрытия, в то время как в северных областях низкие зимние температуры (до 40°С) приводят к хрупкости материала и образованию трещин. Текущие технологии строительства и ремонта дорог не обеспечивают необходимой долговечности покрытий, что приводит к сокращению межремонтных сроков и увеличению государственных расходов на поддержание дорожной сети.

Экологическая составляющая исследования имеет особое значение в контексте глобальных тенденций к устойчивому развитию и циркулярной экономике. По данным управления энергетики и водоснабжения в Казахстане ежегодно образуется около 60 тысяч тонн изношенных автомобильных шин, большая часть которых (около 70% не перерабатывается и размещается на полигонах или стихийных свалках, создавая серьезную экологическую угрозу). Высокая экологическая опасность изношенных шин обусловлена двумя основными факторами: токсичными свойствами материалов, используемых при их производстве, и выделением более ста химических веществ в окружающую среду на различных этапах их жизненного цикла, включая эксплуатацию, обслуживание, ремонт и хранение. [2]

Использование резиновой крошки из отработанных шин в качестве компонента дорожно-строительных материалов позволяет решить сразу несколько экологических проблем.

Во-первых, это сокращает объемы накопления опасных отходов на полигонах и снижает риск загрязнения окружающей среды. Во-вторых, переработка шин способствует сохранению природных ресурсов, поскольку резиновая крошка частично заменяет природные материалы в составе асфальтобетонных смесей. В-третьих, использование резиновой крошки снижает энергозатраты на производство дорожно-строительных материалов и, как следствие, уменьшает углеродный след отрасли.

В мировой практике преобладают два метода инкорпорации резиновой крошки: «мокрый» (wet process) и «сухой» (dry process). Ранние исследования подтверждают эффективность «мокрого» способа с использованием резиновой крошки фракции ≤ 1 мм.

Добавление резиновой крошки демонстрирует нелинейное влияние на свойства вяжущего:

- Пенетрация снижается на 35% при 8%-ном содержании крошки (с 91–130 до 48–68 0,1 мм); (таблица 1)
- Температура размягчения повышается на 10°С (с 43°С до 53°С); (таблица 1)
- Трещиностойкость асфальтобетона увеличивается на 6,6% (с 4,23 до 4,51 мПа). (таблица 2)

Таблица 1 – Влияние добавки резиновой крошки на физико-механические свойства битума БНД 90/130

БНД 90/130	Пенетрация, 0,1 мм, при 25 °С, не менее	Температура размягчения, °С, не ниже	Температура хрупкости, °С, не выше
Без добавок	91-130	43	-17
С добавкой 6 % резиновой крошки	55-78	50	-16
С добавкой + 8 % резиновой крошки	48-68	53	-16
С добавкой + 10 % резиновой крошки	42-64	55	-15

Таблица 2 – Свойства асфальтобетонной смеси марки 2 тип Б с различным содержанием резиновой крошки

Марка 2 тип Б (связующее БНД90/130)	Показатели свойств					
	ρ г/см³	Прочность на сжатие, МПа при			Коэффициент влагостойкости	Трещиностойкость, МПа
		0 °С	20 °С	50 °С		
Без добавок	2,45	9,49	3,9	2,2	0,92	4,23
С добавкой 6 % резиновой крошки	2,43	7,9	4,2	2,7	0,93	4,34
С добавкой 8 % резиновой крошки	2,42	8,4	4,7	3,1	0,95	4,51
С добавкой 10 % резиновой крошки	2,41	8,3	4,8	3,1	0,95	4,52

Однако отмечают пороговый эффект: при содержании крошки >8% прирост параметров (прочность на сжатие при 50°С, влагостойкость) не превышает 1,5–2%, что экономически неоправданно.[\[3\]](#)

Методология

Процесс приготовления асфальтобетонной смеси осуществляется в соответствии с требованиями государственного стандарта республики Казахстан СТ РК 2373, который регламентирует состав, свойства и технологические параметры приготовления асфальтобетонных смесей, используемых в дорожном строительстве.

Приготовление образцов полимер-щмас производится путем взвешивания расчетного количества исходных материалов, нагрева каменных материалов в сушильном шкафу до требуемой температуры (180-185°С), введения минерального порошка, мелкодисперсной резиновой крошки от массы сухого материала, затем производится перемешивание сухой смеси, где количество битума добавленного в смесь должно составить 4-8% и затем перемешивают в лабораторной лопастной мешалке. Перемешивание осуществляется до достижения визуальной однородности.

Для определения физико-механических свойств щебеночно-мастичного полимерасфальтобетона необходимо приготовить образцы-цилиндры d и h - 71,4 мм.

Для установления устойчивости к колееобразованию (пластическим деформациям) асфальтобетонов с применением резины и без него, необходимо заформовать образцы размером 30,5*30,5*4,0 см. Испытание производится согласно СТ РК EN 12697-22-2012, при температуре +60 °С и 10 000 проходов колеса.

Таблица 3 – Требуемые физико-механические свойства асфальтобетонов

Наименование показателей	Требования ГОСТ 31015	Требования СТ РК 2373
Средняя плотность, г/см ³	Не норм.	Не норм.
Водонасыщение, %	1,5-4,0	1,0-4,0
Прочность при сжатии при 20 °с, мпа	≥ 2,5	≥ 2,8
Прочность При Сжатии При 50 °С, Мпа	≥ 0,7	≥ 1,0
Трещиностойкость, Мпа	3,0-6,5	3,0-6,5
Коэффициент Внутреннего Трения	≥0,94	≥0,94
Сцепление При Сдвиге При Температуре 50°С, Мпа	≥0,20	≥0,25
Устойчивость К Расслаиванию, %	≤0,20	≤0,25

Результаты и обсуждение

Анализ литературных источников показывает, что применение мелкодисперсной резиновой крошки в асфальтобетонных смесях положительно влияет на эксплуатационные характеристики дорожных покрытий. В ряде экспериментальных работ установлено, что добавление резиновой крошки в количестве 6–8% от массы смеси способствует повышению термостойкости и трещиностойкости асфальтобетонов.

Так, в исследовании [3] было зафиксировано снижение пенетрации битума на 35% и повышение температуры его размягчения на 10 °с при модификации крошкой, что свидетельствует о повышении устойчивости материала к высоким температурам и деформациям.

Также отмечается так называемый "порог насыщения", при котором дальнейшее увеличение содержания резиновой крошки не приводит к существенному улучшению характеристик смеси и может вызывать ухудшение укладываемости и гомогенности материала. Оптимальный диапазон дозировки крошки варьируется, как правило, от 5 до 10% в зависимости от рецептуры смеси и климатических условий региона применения.

Кроме технических аспектов, важно учитывать экологическую и экономическую целесообразность применения резиновой крошки, связанную с переработкой отходов шин и снижением затрат на ремонтно-восстановительные работы. Использование таких материалов согласуется с современными концепциями устойчивого строительства и ресурсосбережения.

Заключение

Проведённое исследование подтвердило актуальность применения резиновой крошки в дорожно-строительной отрасли Казахстана не только как эффективного модификатора асфальтобетонных смесей, но и как способа решения актуальных экологических проблем. Использование отходов шин в качестве добавки в строительные материалы представляет собой пример рационального природопользования и практического применения принципов циркулярной экономики.

Разработка и внедрение таких решений способствует комплексному подходу к модернизации дорожной инфраструктуры, обеспечивая одновременно техническое улучшение покрытий и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Полученные результаты могут стать основой для разработки нормативных документов и рекомендаций, регулирующих применение вторичных материалов в строительстве.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на уточнение параметров

рецептур и адаптацию технологии к различным типам дорожного покрытия, с учётом климатических, нагрузочных и эксплуатационных условий.

Список литературы

1. К вопросу развития транспортного потенциала Казахстана – Тажигулова Г.О.¹, Агзамов У.¹, Бейсенбеков М.¹ – ¹Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова
2. Воздействие автомобильных шин на окружающую среду и роль шипованной шины в загрязнении городской среды - М. Т. Куанышбаев, А. Б. Ескаир - Карагандинский Университет Казпотребсоюза, г. Караганда, Казахстан
3. Технология разработки и применения асфальтобетонной смеси с добавкой резиновой крошки- Крайнов Д. Н. - Алтайский государственный технический университет Им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия
4. СТ РК 1213-2003 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико- механических испытаний»
5. СТ РК 1217-2003 «Песок для строительных работ. Методы испытаний»
6. СТ РК 1218-2003 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний».
7. СТ РК 1221-2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных смесей. Методы испытаний»
8. СТ РК 2373-2019 «Смеси щебёночно-мастичные полимерасфальтобетонные аэродромные и щебёночно-мастичный полимерасфальтобетон. Технические условия»
9. СТ РК 1276-2004 «Порошок минеральный для асфальтобетонных органических минеральных смесей. Технические условия»
10. СТ РК 1373-2013 «Битумы и битумные вяжущие. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия»

Сведения об авторах:

Серик Альмира – магистрант, «НТС-Қазақстан» ЖШС, Астана, Қазақстан, almiraserik03@mail.ru.

Серик Альмира – магистрант, ТОО «НТС-Казакстан», Астана, Қазақстан, almiraserik03@mail.ru.

Serik Almira – Master's student, NTS-Kazakhstan LLP, Astana, Kazakhstan, almiraserik03@mail.ru.

Жумагулова Адия – к.т.н., ТПГС кафедрасының доцент м.а., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан Республикасы. zaaskarovna@gmail.com

Жумагулова Адия – к.т.н., и.о. доцента, кафедра ТПГС, ЕНУ имени Л.Н.Гумилева, Астана, РК. zaaskarovna@gmail.com

Zhumagulova Adiya – Doctor of Technical Sciences, Acting Associate Professor, Department of Transport and Civil Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Republic of Kazakhstan. zaaskarovna@gmail.com

Вклад авторов:

Серик Альмира - концепция, методология, ресурсы, сбор данных, тестирование, моделирование, анализ, визуализация, интерпретация, подготовка текста.

Жумагулова Адия – редактирование.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Использование искусственного интеллекта (ИИ): ИИ при подготовке статьи не использовался.

АСФАЛЬТОБЕТОН ҚОСПАЛАРЫНДА РЕЗЕҢКЕ ҮГІНДІСІН ҚОЛДАНУ

0009-0007-3988-8915  Серик Альмира^{1*}, 0000-0002-6310-2501  Жумагулова
Адия^{2*},

¹ Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті.

*Корреспондент автор: Almiraserik03@mail.ru

Аннотация: Мақалада Қазақстандағы жол жамылғыларының пайдалану сипаттамаларын жақсарту мақсатында асфальтобетон қоспаларында ұсақ резеңке үгіндісін қолданудың тиімділігі қарастырылады. Резеңке үгіндісін пайдалану жол бетінің ойықтану жылдамдығын азайтып, жөндеуаралық мерзімді ұзартуға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде жол жөндеуге кететін бюджет шығындарын төмендетеді. Зерттеу экологиялық бағытта жүргізіліп, тозған автокөлік шиналарын қайта пайдалану арқылы қалдықтарды азайтуға және қоршаған ортаның ластануын төмендетуге үлес қосады. Асфальтобетонда резеңке үгіндісін қолдану тұрақты даму мен айналмалы экономика принциптеріне сай келеді және экологиялық жауапкершілікпен қатар экономикалық тиімділікті қамтамасыз етеді.

Түйінді сөздер: резеңке үгіндісі, асфальтобетон қоспалары, битумды модификациялау, тұрақты даму, айналмалы экономика, жол құрылысы, экологиялық қауіпсіздік

USE OF RUBBER CRUMB IN ASPHALT CONCRETE MIXTURES

0009-0007-3988-8915  Almira Serik^{1*}, 0000-0002-6310-2501  Adiya Zhumagulova¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Republic of Kazakhstan

*Corresponding author: Almiraserik03@mail.ru

Abstract: This article investigates the effectiveness of using fine rubber crumb in asphalt concrete mixtures to enhance the performance characteristics of road surfaces in Kazakhstan. The use of rubber crumb helps to significantly reduce rutting and extend the repair interval, thus lowering public spending on road maintenance. The study has an important environmental component aimed at the recycling of worn-out car tires, which helps reduce waste and mitigate environmental pollution. The incorporation of rubber crumb in asphalt concrete aligns with the principles of sustainable development and the circular economy, combining environmental responsibility with economic efficiency.

Keywords: rubber crumb, asphalt concrete mixtures, bitumen modification, sustainable development, circular economy, road construction, environmental safety



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

