



RESULTS OF EVALUATION OF EXTREME TEMPERATURES IN DIFFERENT TERRITORIES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN WITH THE “SUPERPAVE” METHOD

Sadikov Ibragim Salikhovich¹

Karabaev Abdujabbor Melievich²

Ashurov Farrukh Burkhonjon ugli³

Tashkent State Transport University

KEYWORDS

temperature,
“Superpave”,
pavement,
weather Station,
Performance grade (PG),
level of pavement reliability,
region

ABSTRACT

Using climatic data obtained as a result of long-term observations at all meteorological stations in the country in the "Superpave" system, the extreme temperatures of the road surface in Uzbekistan were determined, divided by levels (PG) and compared with different countries. Recommendations on the results obtained are given.

2181-2675/© 2021 in XALQARO TADQIQOT LLC.

DOI: 10.5281/zenodo.5753294

This is an open access article under the Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

¹ D.Sc.Tech., Professor, Tashkent State Transport University

² C.Tech.Sc., Associate Professor, Tashkent State Transport University

³ Senior Lecturer, Tashkent State Transport University

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА РАЗНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН МЕТОДОМ “SUPERPAVE”

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

температура,
“Superpave”,
покрытие,
метеостанция,
“Performance grade” (PG),
уровень надежности
покрытия,
регион

АННОТАЦИЯ

Используя климатические данные, полученные в результате многолетних наблюдений на всех метеостанциях страны в системе «Superpave», были определены экстремальные температуры дорожного покрытия в Узбекистане, разделенные на уровни (PG) и сопоставленные с разными странами. Даны рекомендации по полученным результатам.

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ТУРЛИ ҲУДУДЛАРИДА “SUPERPAVE” МЕТОДИ ЁРДАМИДА ҚОПЛАМАНИНГ ЭКСТРЕМАЛ ҲАРОРАТЛАРИНИ БАҲОЛАШ НАТИЖАЛАРИ

KALIT SO‘ZLAR:

ҳарорат,
“Superpave”,
қоплама,
метеостанция,
“Performance grade” (PG),
қопламанинг ишончлилиги
даражаси,
минтақа

ANNOTATSIYA

“Superpave” тизимида мамлакатнинг барча метеорологик пунктларида кўп йиллик кузатишлар давомида олинган иқлим маълумотларидан фойдаланган ҳолда, Ўзбекистонда йўл қопламалари экстремал ҳароратлари аниқланиб даражаларга (PG) ажратилган ва турли давлатлар билан таққосланган. Олинган натижалар асосида тавсиялар берилган.

КИРИШ ВА ДОЛЗАРБЛИГИ

Об-ҳаво ва иқлим шароити қурилиш-таъмирлаш технологиясини танлаш ва йўл ишларини ташкил этишга бевосита таъсир қилади. Йўлларга ҳаво ҳарорати, қуёш нурлари, атмосфера ёғинлари, шамол, туман, муз ва бошқа табиат ҳодисалари таъсир қилади, айрим ҳолларда инсонлар томонидан бартараф этилмайди. Бундай ҳолда, иншоотларни зарур техник ва эксплуатацион сифатлар билан таъминлайдиган муҳандислик ечимларини излаш, шунингдек, об-ҳаво ва иқлим омилларининг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда йўл қурувчилар учун тавсиялар ишлаб чиқиш керак бўлади.

Ҳозирги вақтда автомобил йўлларини лойиҳалаш ва қуриш унинг самарали эксплуатацион даврини таъминлаш мақсадида ҳудудларни йўл-иқлим туманлаштириш асосида бажарилмоқда. “Минтақа” ўтган асрнинг ўрталарида йўл-иқлим туманлаштириш бирлиги сифатида қабул қилинган [1,2]. “Минтақа” одатда иссиқлик ва намликнинг ўзига хос комбинацияси билан тавсифланган[3].

Ҳудуднинг об-ҳаво ва иқлим шароити (ҳаво ҳарорати, қуёш радиацияси,

ёғингарчилик ва бошқалар) автомобил йўллари ва хусусан, асфалтбетон қопламаларининг ишлашига катта таъсир кўрсатади. Уларнинг таъсири юқори ҳароратларда силжиш деформацияларини ва паст ҳароратларда ёриқлар пайдо бўлишига олиб келади[4].

Йўл хўжалиги меъёрий ҳужжатларида Ўзбекистон Республикаси ҳудуди иссиқ иқлим шароитлари натижасида қопламанинг ҳисобий ҳарорати етарли даражада ҳисобга олинмаганлиги долзарб масалалардан биридир. Айниқса, ёзги даврда юқори иссиқ иқлим шароитида йўл қопламаси ҳарорати сезиларли даражада юқори бўлади. Бу эса автомобил йўлининг мустақамлигига ҳам таъсир этмасдан қолмайди.

Ўзбекистон ҳудудида ёз фасли кундузи ва кечаси ҳаво ҳароратининг катта ўзгариши билан ажралиб туради, бу эса йўл қопламасининг бузилишини, ёғингарчиликнинг кам бўлишини, намликнинг пастлигини таъминлайди.

Ўзбекистон Республикаси ҳудудида ёзги даврда 30°C ÷ 45°C гача юқори ҳарорат кузатилиши сабабли йўл қопламаси ҳароратини ҳисоблаган ҳолда минтақаларга ажратиш муҳим ҳисобланади.

МЕТОДЛАР ВА ЎРГАНИЛИШ ДАРАЖАСИ

Америка Қўшма Штатларидаги автомобил йўлларининг қониқарсиз ҳолати 1980-йилларда ушбу муаммони ҳал қилиш учун махсус қўмита тузилишига олиб келди. Қўмита таркибига транспорт корхоналарининг етакчи мутахассислари, ишлаб чиқариш ходимлари, автомобил йўллари соҳасидаги олимлар (йўлларни лойиҳалаш, қуриш ва улардан фойдаланиш бўйича мутахассислар) кирди. Беш йил давомида, 1987 йил октябрдан 1993 йил мартигача Стратегик магистрал йўллар тадқиқот дастури (СМЙТД) доирасида энг янги қурилиш технологиялари, материаллар ва йўлларни таъмирлаш бўйича етакчи мутахассислар йўл ҳаракати хавфсизлигини яхшилаш, уларнинг сифати ва хизмат муддатини яхшилаш шунингдек, қурилиш ва техник хизмат кўрсатиш учун пул тежаш техник ечимларини излашди [5].

СМЙТД дастури доирасида олиб борилган тадқиқотлар натижасида Superior Performing Asphalt Pavements (Superpave) деб номланган асфалтбетон қопламасини лойиҳалаш тизими яратилди. Бу асфалтбетон аралашмасини тайёрлаш учун материалларни таснифлаш, аралашмани лойиҳалаш ва ҳосил бўлган таркибни таҳлил қилиш, шунингдек, ажратилган йўл юзасида асфалтбетон қатламининг ишлашини баҳолаш ва башорат қилиш тизимидир. Асфалтбетон ишлайдиган ҳарорат чегаралари юқорида айтиб ўтилган СМЙТД дастури бўйича ўрнатилди. Улар асфалтбетоннинг функционал тури деб аталадиган "Performance grade" (PG) билан акс эттирилади, бу икки ҳарорат билан тавсифланади: максимал ва минимал қоплама ҳарорати. Масалан, «PG 64–22», «64» - қопламанинг максимал ҳарорати, «–22» - қопламанинг минимал ҳарорати.

Асфалтбетонни PG индексига кўра таснифлаш ва боғловчини танлашдан асосий мақсад битумнинг тўғри ишлашига ишонч ҳосил қилиш, маълум бир иқлим шароитида ишлатилиши керак бўлган асфалтбетон турини аниқлашдир. PG тизимининг моҳияти:

- боғловчига қўйиладиган талабларни қопламанинг ишлашига қўйиладиган талаблар билан боғлаш;

- қопламанинг юқори қатламини қуришда унинг ҳарорати ва ҳаво ҳарорати орқали иқлимнинг таъсирини ҳисобга олиш;

- технологик (қисқа муддатли) ва эксплуатацион (узоқ муддатли) эскириш ҳодисасини ҳисобга олиш[4].

PG даражасини аниқлашда қопламанинг максимал ҳароратини ҳисоблаш учун одатда қоплама юзасидан 20 мм чуқурлик ишлатилади ва минимал ҳароратни ҳисоблашда нол чуқурлик қўлланилади.

Йўл қопламаларининг максимал ва минимал ҳароратларини ҳисоблаш Supergrave тизимида қўлланиладиган (1)-(2) [6] формулалар асосида амалга оширилади. Қопламанинг максимал ҳисобий ҳароратини ўрнатиш учун иссиқлик оқими ва энергия баланси моделидан олинган формула (1) қўлланилади:

$$T_{\max}^{\text{коп}} = 54,32 + 0,78 \cdot T_{\max}^{\text{ўр}} - 0,0025 \cdot \text{Ш}^2 - 15,14 \cdot \log_{10}(\text{Н} + 25) + Z \cdot (9 + 0,61 \cdot s^2)^{0,5} \quad (1)$$

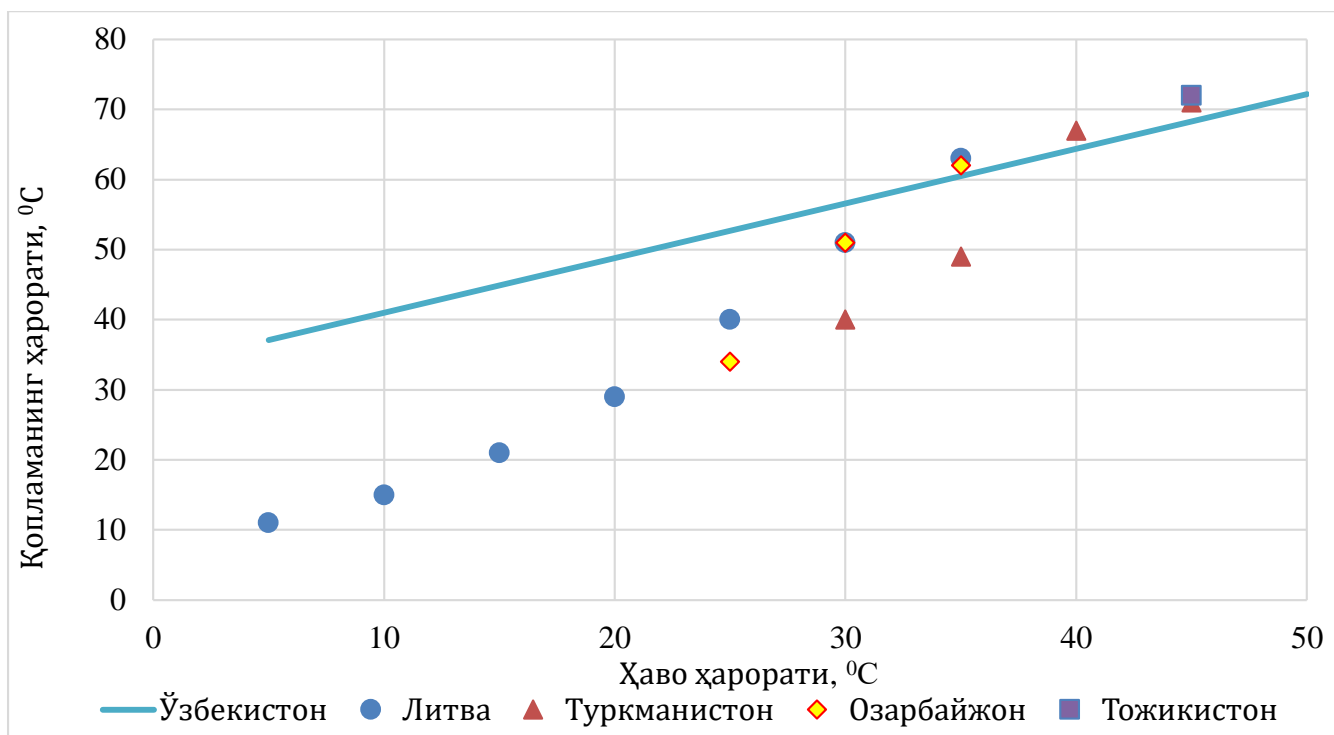
Қопламанинг минимал ҳисобий ҳарорати (2) формула билан аниқланади.

$$T_{\min}^{\text{коп}} = -1,56 + 0,72 \cdot T_{\min}^{\text{ўр}} - 0,004 \cdot \text{Ш}^2 + 6,26 \cdot \log_{10}(\text{Н} + 25) - Z \cdot (4,4 + 0,52 \cdot s^2)^{0,5} \quad (2)$$

Иқлимий туманлаштириш ишлари Лотин Америкаси [7], Африка [8], Яқин Шарқ мамлакатлари (Ироқ [9], Покистон [10], Миср [11], Бирлашган Араб Амирликлари [12]), Жануби-Шарқий Осиё мамлакатлари (Шри-Ланка [13] ва Таиланд [14]), Полшада [15], Ўзбекистон [16] мамлакатларида ҳам бажарилган. 2000-йилларнинг бошидан бошлаб Supergrave тизими бўйича иқлимий туманлаштириш элементлари Эстония, Латвия, Беларусия [17], Қозоғистон [18] да қўлланила бошланди. Россия Федерациясида битумли боғловчининг PG даражасини аниқлаш тартибини тартибга солувчи ПНСТ 86-2016 дастлабки стандарти кучга кирди [19]. Украинада ҳозирги вақтда фақат нобиқр йўл қопламаларининг ҳароратини прогноз қилиш учун моделларни қиёсий таҳлил қилиш бўйича ишлар олиб борилмоқда [20].

ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИ

Ўзбекистон ҳудудида ёзги даврда юқори ҳаво ҳарорати кузителиди. Турли давлатлар билан таққослаганда ҳам бунга гувоҳ бўлиш мумкин(1-расм).



1-расм. Ҳаво ҳароратининг қоплама ҳароратига боғлиқлиги.

Ўзбекистон Республикаси ҳудудида ҳозирги кунда 67 та метеостанция фаолият юритмоқда. Метеостанцияларда 1990-2020 йиллар давомида кузатилган ҳаво ҳарорати натижаларига асосланган ҳолда ҳудудда йўл қопламасининг максимум ва минимум ҳароратлари ҳисобланди ва йўл қопламаси ишончилиги PG даражасига кўра гуруҳланди(1-жадвал).

1-жадвал

Ўзбекистон Республикаси ҳудудида йўл қопламасининг ишончилилик даражасига кўра гуруҳлаш натижалари

Метеостанция	Широта	Максимал ҳарорат, °C				Минимал ҳарорат, °C				Йўл қопламаси ишончилиги PG даражаси	
		Ҳаво	s	Қоплама-нинг ишончили-лик даражаси		Ҳаво	s	Қоплама-нинг ишончили-лик даражаси		H = 20 мм	
				50%	98%			50%	98%	50%	98%
Каракалпакия	44,85	45,4	2,4	59,7	66,9	-33,2	6,1	-23,2	-34,7	64-22	70-34
Жаслык	43,88	45,9	2,4	60,3	67,5	-33	6,1	-22,7	-34,2	64-22	70-34
Ақтумсук	44,6	42	2,4	57,1	64,3	-35,7	6,1	-24,9	-36,4	58-22	70-34
Муйнак	43,77	44,2	2,4	59,0	66,2	-32,2	6,1	-22,1	-33,6	64-22	70-28
Кунград	43,08	44,5	2,4	59,4	66,6	-31,4	6,1	-21,2	-32,8	64-16	70-28
Чимбай	42,93	44	2,4	59,0	66,3	-27	6,1	-18,0	-29,6	64-16	70-28
Тахтаку-пыр	43,02	43,3	2,4	58,4	65,7	-29,1	6,1	-19,6	-31,1	64-16	70-28
Нукус	42,45	44,3	2,4	59,3	66,6	-30,5	6,1	-20,4	-31,9	64-16	70-28
Тахиаташ	42,33	43,2	2,4	58,5	65,8	-26,6	6,1	-17,5	-29,1	64-16	70-28
Хива	41,38	44	2,4	59,3	66,6	-26	6,1	-16,8	-28,3	64-16	70-28
Ургенч	41,55	42,2	2,4	57,9	65,2	-25,5	6,1	-16,5	-28,0	58-16	70-22

Метеостанция	Широта	Максимал ҳарорат, °C				Минимал ҳарорат, °C				Йўл қоғламоси ишончилиги PG даражаси	
		Ҳаво	s	Қоғлама-нинг ишончли-лик даражаси		Ҳаво	s	Қоғлама-нинг ишончли-лик даражаси		H = 20 мм	
				50%	98%			50%	98%	50%	98%
Базаубай	41,75	45,2	3	60,2	68,0	-32,2	6,4	-21,4	-33,3	64-16	70-28
Акбайтал	43,15	44,3	3	59,2	67,0	-30,5	6,4	-20,6	-32,6	64-16	70-28
Тамды	41,73	44,8	3	59,9	67,7	-25,1	6,4	-16,2	-28,2	64-16	70-28
Аякагитма	40,68	44,8	3	60,1	67,9	-28,6	6,4	-18,4	-30,4	64-16	70-28
Каракуль	39,49	44	3	59,7	67,5	-23	6,4	-14,0	-26,0	64-10	70-22
Бухара	39,72	45,2	3	60,6	68,4	-23,5	6,4	-14,4	-26,4	64-10	70-22
Машику-дук	41,05	44,7	3	59,9	67,8	-28	6,4	-18,1	-30,1	64-16	70-28
Нурата	40,55	42,4	3	58,3	66,1	-22,9	6,4	-14,3	-26,3	64-10	70-22
Навои	40,13	42,2	3	58,2	66,0	-21,6	6,4	-13,2	-25,2	64-10	70-22
Мубарек	39,26	44,9	2,1	60,5	67,5	-26,2	5,5	-16,2	-27,0	64-16	70-22
Кушрабад	40,71	41,4	2,1	57,4	64,5	-26	5,5	-16,6	-27,3	58-16	70-22
Пайшанба	39,9	40,5	2,1	56,9	63,9	-20	5,5	-12,0	-22,7	58-16	64-22
Карши	38,83	44,5	2,1	60,2	67,3	-22,3	5,5	-13,3	-24,1	64-10	70-22
Гузар	38,62	44,3	2,1	60,1	67,1	-18,8	5,5	-10,7	-21,5	64-10	70-16
Янгикиш-лак	40,42	42,1	2,1	58,0	65,1	-18,4	5,5	-11,0	-21,8	58-16	70-16
Дагбит	39,75	41,8	2,1	57,9	65,0	-21,8	5,5	-13,2	-24,0	58-16	70-22
Самарканд	39,57	40,3	2,1	56,8	63,8	-19,2	5,5	-11,3	-22,1	58-16	64-22
Шахри-зйбз	39,03	43,1	2,1	59,1	66,1	-21,2	5,5	-12,6	-23,3	64-10	70-22
Минчукур	38,65	32,2	2,1	50,7	57,7	-22,3	5,5	-13,2	-24,0	52-10	58-22
Акрабат	38,25	36,1	2,1	53,8	60,8	-18,4	5,5	-10,3	-21,1	58-16	64-16
Широбад	37,67	44,2	1,9	60,2	67,1	-15,9	4,7	-8,3	-18,1	64-10	70-16
Термез	37,23	44,4	1,9	60,5	67,3	-19,2	4,7	-10,6	-20,3	64-10	70-16
Дустлик	40,52	42,4	1,9	58,3	65,1	-22,2	4,7	-13,8	-23,5	64-10	70-22
Джизак	40,12	42	2,1	58,0	65,1	-19,7	5,5	-11,8	-22,6	58-16	70-22
Галляарал	40	41,4	2,1	57,6	64,6	-30,9	5,5	-19,9	-30,6	58-16	70-28
Бахмал	39,74	36,5	2,1	53,8	60,8	-20,5	5,5	-12,3	-23,1	58-16	64-22
Денау	38,27	43,2	1,9	59,3	66,2	-18,6	4,7	-10,5	-20,2	64-10	70-16
Шурчи	37,99	44,3	1,9	60,2	67,1	-20	4,7	-11,4	-21,1	64-10	70-16
Ойгаинг	42,17	33,2	2,3	50,7	57,9	-29,9	5,6	-19,9	-30,8	52-16	58-28
Пскем	41,9	39,4	2,3	55,6	62,8	-21,5	5,6	-13,7	-24,6	58-16	64-22
Чимган	41,49	34,5	2,3	51,9	59,1	-20,4	5,6	-12,8	-23,7	52-10	64-22
Ташкент	41,32	42,5	2,3	58,2	65,4	-16,8	5,6	-10,1	-21,0	64-10	70-16
Камчик	41,1	30,3	2,3	48,7	55,9	-22,5	5,6	-14,2	-25,1	52-10	58-22
Дукант	41,15	34,4	2,3	51,9	59,1	-21,3	5,6	-13,3	-24,2	52-10	64-22
Алмалык	40,85	42	2,3	57,9	65,1	-20	5,6	-12,3	-23,2	58-16	70-22
Чимкур-ган	40,85	44,5	2,3	59,8	67,0	-24,8	5,6	-15,7	-26,6	64-10	70-22
Сыр-Дарья	40,82	42,6	2,3	58,4	65,5	-24,4	5,6	-15,4	-26,3	64-10	70-22
Янгиюль	41,11	42,2	2,3	58,0	65,2	-21,2	5,6	-13,2	-24,1	58-16	70-22
Кокарал	40,6	40	2,3	56,4	63,6	-16,9	5,6	-10,0	-20,9	58-16	64-16
Дехкана-бад	40,53	41,1	2,1	57,2	64,3	-17,8	5,5	-10,6	-21,4	58-16	70-16
Янгиер	40,22	43	2,3	58,8	66,0	-21,8	5,6	-13,4	-24,3	64-10	70-22
Бекабад	40,22	41,1	2,3	57,3	64,5	-18,2	5,6	-10,8	-21,7	58-16	70-16
Пап	40,87	41,4	2,2	57,4	64,5	-15,6	4	-9,1	-18,0	58-16	70-16
Наманган	40,98	40,3	2,2	56,5	63,6	-16,5	4	-9,8	-18,7	58-16	64-16
Коканд	40,55	40	2,2	56,4	63,5	-16,9	4	-10,0	-18,9	58-16	64-16

Метеостанция	Широта	Максимал ҳарорат, °С				Минимал ҳарорат, °С				Йўл қопламаси ишончилиги PG даражаси	
		Ҳаво	s	Қоплама-нинг ишончли-лик даражаси		Ҳаво	s	Қоплама-нинг ишончли-лик даражаси		Н = 20 мм	
				50%	98%			50%	98%	50%	98%
Боз	40,68	41,1	2,2	57,2	64,3	-19,4	4	-11,8	-20,7	58-16	70-16
Фергана	40,37	41,1	2,2	57,3	64,4	-17,2	4	-10,1	-19,0	58-16	70-16
Сариканда	39,95	35,3	2,2	52,8	59,9	-21,1	4	-12,8	-21,7	58-16	64-16
Шахмардан	39,98	34,4	2,2	52,1	59,2	-20,1	4	-12,1	-21,0	58-16	64-16
Андижан	40,73	41	2,2	57,1	64,2	-17,3	4	-10,3	-19,2	58-16	70-16
Курантепа	40,73	39,2	2,2	55,7	62,8	-22,2	4	-13,8	-22,7	58-16	64-22
Улугнор	40,7	41,1	2,2	57,2	64,3	-19,5	4	-11,9	-20,8	58-16	70-16
Тюямуюн	40,3	43,2	2,2	58,9	66,0	-24,8	4	-15,6	-24,5	64-10	70-22
Сукок	41,16	36,2	2,3	53,3	60,5	-18,5	5,6	-11,3	-22,2	58-16	64-22
Туябугуз	40,99	41,3	2,3	57,3	64,5	-20,3	5,6	-12,5	-23,4	58-16	70-22
Ангрен	41,18	38,2	2,3	54,8	62,0	-19	5,6	-11,7	-22,6	58-16	64-22

ХУЛОСАЛАР

Ўзбекистон Республикаси сўнги 30 йилдаги иқлим маълумотларига асосланиб, “Supergave” усули ёрдамида ҳисоблаш натижаларига кўра, қопламанинг ишончилилик даражаси 50 % бўлганда -16 °С дан 64 °С гача, ишончилилик даражаси 98 % да эса, -22 °С дан 70 °С гача ўзгариши аниқланди. Ёзги даврда юқори ҳаво ҳароратига мос равишда қопламанинг максимал ҳарорати ҳам ҳудудлардан келиб чиққан ҳолда турлича бўлади. Натижада асфалт қопламали йўлларда эксплуатация даврида бир неча чоратадбирлар амалга ошириш лозим бўлади:

- ҳудуднинг ҳароратидан келиб чиққан ҳолда сутканинг маълум бир вақт оралиғида оғир юк автомобилларининг ҳаракатини чеклаш;
- ҳудуднинг юқори ҳароратига чидамли модификацияланган асфалтбетон қоплама қуриш.

ИҚТИБОСЛАР:

[1] Д.т.н., профессор, Садиқов И.С., к.т.н., доцент. Уроков А.Х., “Дорожное районирование по озеленению автомобильных дорог на территории Республики Узбекистан”, *Me'morchilik va qurilish muammolari (ilmiy-texnik jurnal)*, №1, Самарқанд, 2019, 127-131 б.

[2] Д-р техн. наук, проф. И.С. Садиқов, М.М. Рябинина, О.В. Коваль, “О необходимости дорожно-климатического районирования по условиям эксплуатации дорог”, №4, Москва, 2016, 14-15 стр.

[3] V.Efimenko, S.Efimenko, A.Sukhorukov and A.Yankovskaya, Application of information systems in road-climatic zoning, *Materials Science and Engineering* 71 (2015), Russia.

[4] Леонович И.И., Мельникова И.С., “Методика и результаты оценки

экстремальных температур дорожных покрытий в различных регионах республики Беларусь”, Беларусь, 2012.

[5] McDonnell, Anne-Marie, Strategic Highway Research Program (SHRP). Activities in Connecticut. Connecticut Department of Transportation, Report № CT-1213-F-01-10, November 2002.

[6] Superpave Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing, Superpave Series No. 1 (SP-1). – Asphalt Institute, Lexington, KY, 1994. – 70 p.

[7] Delgadillo R. Superpave zoning for Chile /R.Delgadillo, M.Segovia, C.Wahr , G.Thenoux //Revista Ingenieria de Construccion. - Vol 32. – 2017. – p.p. 25-35.

[8] Denneman E. The application of locally developed pavement temperature prediction algorithms in performance grade (PG) binder selection / E.Denneman // Proceedings of the 26th Southern African Transport Conference. 9 - 12 July 2007. – p.p. 257-266.

[9] Hamed M. H. Alani The transition to a PG Grading system for asphalt cement in Iraq / Hamed M. H. Alani, Amjad H. Albayati, Alaa S. Abbas // Journal of Engineering. № 4, Vol. 16. – 2010. – p.p. 5911 – 5931.

[10] Kamran Muzaffar Khan Development of Superpave Performance Grading Map for Pakistan / Kamran Muzaffar Khan, Tahir Sultan, Qazi Umar Farooq, Kiffayatullah Khan, Faizan Ali // Life Science Journal. – № 10(7s). – 2013. – p.p. 355 – 362.

[11] Saleh A.M.M. Generation of asphalt performance grading map for Egypt based on the SUPERPAVE™ program / A.M.M.Saleh, Metwally A.Trad // Construction and Building Materials. – Volume 25, Issue 5, May 2011. – p. 2248-2253.

[12] Hamad I. AI-Abdul Wahhab Development of performance-based bitumen specifications for the Gulf countries / Hamad I. AI-Abdul Wahhab, Ibrahim M. Asi, Ibrahim A. AI-Dubabet, Mohammad Farhat Ali // Construction and Building Materials. – Volume 11, Issue 1, February 1997. – p.p. 15-22.

[13] Mampearachchi W.K. Review of asphalt binder grading systems for hot mix asphalt pavements in Sri Lanka / W.K. Mampearachchi , G.S. Mihirani, B.W.P. Binduhewa, G.D.D. Lalithya // Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka. - 40(4). – 2012. – p.p.311–320.

[14] Charoentham N. Development of a Performance Grading System for Asphalt Binders Used in Thailand / N. Charoentham, K. Kanitpong // Asian Transport Studies. - Volume 2, Issue 2. – 2012. – p.p. 121-138.

[15] Pszczoja M. Analysis of climatic zones in Poland with regard to asphalt performance grading / M. Pszczoja, D. Rys, P. Jaskuja // Roads and Bridges - Drogi i Mosty. – № 16. – 2017. – P. 245–264.

[16] Уроқов А.Х., “Ўзбекистон Республикаси ҳудудини йўлга оид туманлаштиришнинг методологик асослари”, Техника фанлари доктори (Doctor Of Science) диссертацияси, 2020.

[17] Леонович И. И. Методика и результаты оценки экстремальных температур дорожных покрытий в различных регионах республики Беларусь / И. И. Леонович, И.

С. Мельникова // Автомобильные дороги и мосты: научн.-техн. журнал. – 2012. – № 1 (9). – С. 39–47.

[18] Телтаев Б. Б. Учет климатических условий эксплуатации при выборе битума для асфальтобетонных смесей / Б. Б. Телтаев, Е.В. Каганович, Т. Т. Измайлова // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2008. – № 2. – С. 17–20.

[19] ПНСТ 86-2016 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Порядок определения марки с учетом температурного диапазона эксплуатации. – М.: Стандартинформ, 2016. – 8 с.

[20] Гамеляк І. П. Аналіз існуючих моделей прогнозування температури покриття нежорстких дорожніх одягів / І. П. Гамеляк, Д. В. Волощук // Вісник НТУ. – 2012. – Вип. 26. – С. 78–82.