

трицаға негізделген. Негізгі кірістерді өзгерту арқылы модель барлық деректерді автоматты түрде қайта есептеуге мүмкіндік береді. Минимизация критерийін қолдана отырып, машиналардың әр жиынтығы үшін және әр технология үшін жалпы төмендетілген шығындар минималды болатын жиынтықты таңдай аламыз. Жолдарды жобалау кезінде механикаландырылған отрядтар үшін әр түрлі көлемдегі машиналар жиынтығын оңтайландыру жол салу мерзімін қысқартады және шығындарды азайтады.

Кілт сөздер: оңтайландыру, математикалық модель, жол-құрылыс техникалары, үлесті келтірілген шығындар, машина отряды, машина кешені, жол құрылысы, машина паркі, машина кешендерін оңтайландыру.

Математическая модель оптимизации комплектования механизированных отрядов машин при строительстве автомобильных дорог

¹**КАБИКЕНОВ Сапар Жомартович**, к.т.н., зав. кафедрой, sapargk@mail.ru,

^{1*}**СҰҒАТОЛЛАҚЫЗЫ Айдана**, старший преподаватель, aidana_s_070@mail.ru,

¹**ШАЛАЕВ Владимир Васильевич**, старший преподаватель, shalaev_v@mail.ru,

²**МАКСУДОВ Зокир Талибжанович**, к.т.н., ассоциированный профессор, maksudov-55@mail.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²Ташкентский государственный транспортный университет, Узбекистан, Ташкент, ул. Темиржолшылар, 1, *автор-корреспондент.

Аннотация. Представлена математическая модель для получения данных о снижении затрат, которая может быть использована при оптимизации комплектов машин для улучшения процесса комплектования механизированных отрядов при дорожном строительстве. Математическая модель для расчета сниженных затрат с учетом коэффициентов вероятности использования оборудования в комплекте построена на основе матрицы, включающей девять столбцов для типов машин и шесть строк для основных технологий дорожного строительства. Изменяя основные входные данные, модель позволяет автоматически пересчитывать все данные. Применяя критерий минимизации, можно выбрать такой набор, при котором общие сниженные затраты для каждого набора машин и для каждой технологии были бы минимальными. Оптимизация набора машин различных размеров для механизированных отрядов при проектировании дорог сокращает время на строительство дорог и снижает затраты.

Ключевые слова: оптимизация, математическая модель, автомобильная дорога, удельные затраты, отряд машин, комплект машин, строительство дорог, парк машин, оптимизация комплектования машин.

REFERENCES

- Meijer, J.R., Huijbregts, M.A., Schotten, K.C., & Schipper, A.M. Global patterns of current and future road infrastructure. *Environmental Research Letters* [online]. 2018, 13 (6), article id.064006. Available from: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabd42>
- Saktaganova, G.S., Legostaeva, L.V., & Karipova, A.T. Major development mechanisms for the infrastructure of the transport and logistics complex in Kazakhstan. *J. Advanced Res. L. & Econ.* 2018, 9, pp. 1474-1480. Available from: [https://doi.org/10.14505/jarle.v9.4\(34\).34](https://doi.org/10.14505/jarle.v9.4(34).34)
- Kabikenov S.Zh., Portnov V.S., Sungatollakyzy A. Studying and developing methods of optimizing the use of a complex of machines in the construction of highways. *Almaty: Bulletin of KazATC*, 2020, Vol. 112, No. 1. Pp. 149-158. ISSN 1609-1817.
- Kadyrov A.S., Bestembek E.S., Sungatollakyzy A., Tormakhanbet F., Kokenova A.T. Reshenie transportnoj zadachi na primere stroitel'stva protyazhennyh ob"ektov [Solving the transport problem on the example of constructing extended objects]. *Moscow: RAE. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, 2015, No. 6-2, pp. 224-227.
- Permyakov V.B. Metodologiya optimizacii komplektov mashin dlya stroitel'stva elementov avtomobil'noj dorogi [Methodology of optimization of machine sets for constructing road elements]. *Bulletin of SibADI: Issue 4. Transport. Transport and technological machines.* Omsk, 2010. pp. 5-9.
- Ivanov V.N. Kontseptsiiia effektivnogo ispol'zovaniia mashinnogo parka dorozhno-stroitel'nykh organizatsii [The concept of effective use of the machine fleet of road-building organizations]. *Doctor's degree dissertation.* Omsk, 2005, p. 300.
- Repin, S., Zazykin, A., & Gordienko, V. Method of forming a fleet of transport and technological machines for road construction. *Transportation research procedure* [online]. 2018, 36, pp. 654-660. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.131>
- Minaei, M. Evolution, density and completeness of OpenStreetMap road networks in developing countries: the case of Iran. *Applied Geography* [online]. 2020, 119, article id. 102246 Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102246>
- Roberto XI, Bruno P., Ernesto Fj, Weissmann J. Distribution of Materials in Road Earthmoving and Paving: Mathematical Programming Approach. *Journal of Construction Engineering and Management.* 2013, Volume 139 (8), pp. 1046-1054. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000666](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000666)
- Stepanov, D., Krasnov, Y., & Antonov, D. Improving the efficiency of diagnostics and repair of ICE and road construction machinery in ISTK. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 2020 Vol. 832, no. 1, p. 012016. IOP Publishing.
- Bobobekov O. Development of method to form age structure of Rogun Dam construction machinery fleet. *Transportation Research Procedia* 2020, 50, pp. 59-67. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.008>

Жол құрылысына арналған композициялық бетон төсеніштері

¹**МОНТАЕВ Сарсенбек Алиакбарұлы**, т.ғ.д., профессор, директор, montaeVs@mail.ru,

^{1*}**МҰХАМАДИ Әсел Болатбекқызы**, магистрант, asel.pto@mail.ru,

¹**ЖАРЫЛГАПОВ Сабит Муратович**, PhD, доцент м.а., бөлім басшысы, sabit.raisa@mail.ru,

¹«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Орал, Жәңгір хан көшесі, 51,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Қоғам құрылыс шығындарының төмендеуіне және заманауи технологияларға назар аударып, дәстүрлі түрде қолданылатын асфальтбетонның орнына экологиялық таза және ұзаққа созылатын жол төсеу материалдарын пайдалануды ұсынады. Еуропа елдерінде жинақталған көп жылдық тәжірибе көшелерді ұсақ төсеніштермен төсеудің тиімділігін көрсетеді. Қазіргі уақытта төсеніштер табиғи тастан (төсеніштер), керамикалық тастан (клинкер) және ұсақ түйіршікті бетоннан жасалған тастан жасалған. Ең ұзаққа созылатын төсеніштер тротуар блоктары болып табылады, бірақ оларды өндіру үшін карьерлерді қазу және қымбат тасты өңдеу қажет, нәтижесінде ұсақ қалдықтар пайда болады. Керамикалық материалдарды өндіруде олардың қолданылуына кедергі келтіретін негізгі факторлардың бірі-жоғары агломерация температурасы (1500°C), бұл энергия шығынын едәуір арттырады. Бетон төсеніштері негізінен ұсақ түйіршікті бетоннан жасалған, бірақ төсеніштердің өзі блоктар мен клинкер сияқты берік емес. Бұл жұмыста бетон төсеніштерінің композициялық құрамына шыны қосу жөнінде жасалған зерттеулерге шолу жасалды. Бетонның физикалық және механикалық параметрлерінің қалай өзгеріске ұшырайтыны талқыланды.

Кілт сөздер: бетон төсеніштері, жол салу технологиясы, шыны, композициялық құрам, экономикалық тиімділік, экологиялық қалдық.

Кіріспе. Қай уақытта болмасын жол құрылыс технологиясына қойылатын басты талап – жолдың тегістігі, жарықсыздығы және шұңқырсыз болуы. Ол талаптарды қанағаттандыру үшін құрылыста қолданылатын материалдар құрамын мұқият таңдай білу қажет. Сонымен қатар, ол материалдар қоршаған ортаға зиян тигізбейтін, аязға төзімді және механикалық берік болуы тиіс.

Жол салу технологиясында бұрыннан келе жатқан дәстүрлі материалдар – қиыршық тас, бетон, асфальт, портландцемент, битуммен сіңірілетін асфальт жабындарының элементтері. Жол төсемінің негізі әдетте қиыршық тас болып табылады, оның сапасы мен механикалық қасиеттері жол төсемінің соңғы сапасына тікелей байланысты [1]. Қиыршық тастың да гранитті, әкті, топырақты түрлері болады. Гранитті қиыршық тас жол төсемінің ең төменгі қабатын салуда қолданылса, әкті қиыршық тас жол төсемдерін орналастыру кезінде жоғары тиімділік көрсетеді. Топырақты қиыршық тас радиактивтілігінің төмендігіне байланысты тиімді жол жабыны деп саналады.

Қазіргі таңда жол салу технологиясында алға тартылатын мәселе – жол төсемінің таңдау.

Көбіне барлық дерлік елде бетон мен асфальт төсеніштері салыстырылады. Біздің еліміздегі бетон іс жүзінде кең жолдарды салу үшін пайдаланылмайды, ол, әдетте, шағын аумақтарды орналастыру үшін қолданылады: саяжайлар, жолдар, шағын автотұрақтар және т.б. Бетонның қымбаттығына байланысты, асфальттан жасалған жолдар көп кездеседі. Асфальтты жолдардың біраз артықшылықтары болса да, оның аз қызмет ету мерзімі мен құрамындағы жоғары температурада балқып иіс шығаратын битум қоспаларының болуына байланысты бетонға жол береді. Яғни, бетон асфальтпен салыстырғанда жоғары температураға төзімділікке, ұзақ қызмет ету мерзіміне, беріктілікке ие.

Тек бетонның кем тұсы – төмен температураға жоғары сезімталдық. Суықта бетон жабыны жарылып кетуі мүмкін және оны қалпына келтіру үшін көп жағдайда плитаны толығымен өзгерту қажет, бұл асфальтты шұңқырлы жөндеумен салыстырғанда үлкен шығындарға және салыстырмалы түрде ұзақ жөндеу мерзіміне әкеледі. Ал басты кемшілігі – ылғалдың өтуіне мүмкіндік береді, ол өз кезегінде жабынның жарылуына әкеледі [2].

Жалпы ылғалдың өтіп, кеуектіліктің төмен-

деуіне бетон өндірісінде су-цемент қатынасының төмендеуі арқылы қол жеткізіледі. Қатты бетон қоспаларында сұйық фазаның жетіспеушілігі байқалады, мұнда барлық су қатты бетон қоспасының компоненттерінің бетін сулауға кетеді. Сондықтан мұндай бетондардың тиімділігін арттыру үшін арнайы таңдалған компоненттер қолдану – өзекті мәселелердің бірі.

Дренажды асфальтбетон, кеуекті-мастикалық және түрлі-түсті асфальтбетон қоспалары, модификацияланған битумдар, полимерлі-битумды байланыстырғыштар, геосинтетика, полимерлі композиттер – қазіргі таңда жол құрылыс технологиясындағы материалдардың композициялық құрамына қосатын компоненттер саналады. Сонымен қатар, геосинтетикалық материалдарды пайдалана отырып, топырақты тұрақтандыру, қабаттарды нығайту және механикалық тұрақтандыру технологиялары да қарқынды қолданылуда. Қосылатын полимерлі композиттер коррозияға төзімділікті едәуір арттыруға және жол құрылымдарының салмағын азайтуға мүмкіндік береді – олар болат аналогтардан 5 есе, ал бетоннан 20 есе жеңіл. Сонымен қоса, композициялық құрам қосу арқасында цемент материалы аз кетіп, құмды 15-20%-ға дейін үнемдей аламыз. Шыны секілді композиттік материал қосу арқылы экологиялық қалдықты тиімді пайдаланып, экономикаға орасан зор пайда тигіземіз.

2019 жылы полимерлі композициялық материалдарды Ресей Федерациясындағы 99 нысанда мемлекеттік мекемелер қолданды. Олардың ішіндегі ең көп тарағандары – қоршаулар, дренаждар, қорғандарды нығайту, жарықтандыру тіректері мен тіректерін жасау.

Бетонды төсеніштер. Бетон төсеніштері қазіргі таңда азәтажды индивидуалды құрылыс түсінігі қалыптасқаннан бастап тротуарлы плитаның негізі болып саналады. Бетон төсеніштерінің артықшылығы – кең түрлі-түсті гамма мен конфигурацияның әр түрлілігі. Ал жоғары эксплуатациялы-техникалық қасиеттері плитаның көпжылдық қызметі мен аязға төзімділігін қамтамасыз етеді.

Өңдеу әдісі бойынша бетон төсеніштері:

1. Классикалық. Бұл жағдайда материал 4 жағынан кесіліп, беттің алдыңғы және артқы жағы кесіледі. Бұл әдісті қалау қиын емес.

2. Тікбұрышты. Материалды практикалық және жеңіл төсеуді білдіретін ең танымал түрі.

3. Бұйра. Бірегей дизайн идеялары үшін қолайлы, бірақ оның пішініне байланысты орнату кезінде қиындықтар бар.

4. Толық кесілген. Бұл жағдайда тас алты бетке кесіледі.

5. Дөңгелек. Көбінесе мозаиканы төсеу үшін дөңгелек пішін қолданылады.

6. Жаппай. Үлкен аумақтар үшін қолданылады. Қалау технологиясы көп уақытты қажет етеді.

Ал өндіру әдістерінің екі түрі бар: виброқұю және вибробасу. Бірінші әдіс – шығарылатын

өнім бірліктерінің көп саны, тегіс бет пен жоғары сапалы өнімдерге байланысты бірқатар артықшылықтарға ие. Виброқұю технологиясы дайын өнімнің сапасын жақсартатын және төсеніштерді жарқын ететін құрылыс бояғыштары мен бетон қоспаларын пайдалануға мүмкіндік береді.

Бетонды төсеніштер арнайы асфальттөсегіш қондырғыда қысу арқылы дайындалады. Оның құрамы бетонның құрамына ұқсайды. Формалау және қысу кезінде қолданылатын құрылғылардың қолданылуына байланысты бетонды төсеніштер монолитті бетонға қарағанда әлдеқайда 2-3 есе берік. Сонымен қатар бетон төсеніштерінің түрлері көп болса да, оларды даярлаудың технологиясы бірдей.

Романенко И.И. еңбегінде көрсетілгендей, бетонды төсеніштер алу үшін ең алдымен құм мен цемент араласады. Суға пигмент пен пластификатор қосылады. Су құрғақ қоспаға құйылып, тұтқыр консистенцияны алу үшін иленеді. Төсемдердің түсі ашық және таза болуы үшін пигментті компоненттерді араластыру кезеңінде емес, массаны қалыптауға салғаннан кейін және ол сәл қатып қалғаннан кейін қосуға болады. Материал бояғыш затпен себіліп, кейін металл үтіктегішпен ақырын сүртіледі [3].

Пішіндер виброүстелге қойылады, майланып, ерітіндімен толтырылады. Өнімдердің берік болуы үшін оларды металл шыбықтармен нығайту керек. Виброүстел ерітіндіні біркелкі тарату үшін бірнеше минутқа қосылады. Егер дірілдейтін үстел болмаса, кәдімгі үстелді балғамен түртіледі. Қоспаны қатайту үшін 24 сағатқа қалдырады. Жоғары ылғалдылықта қатаю уақыты 72 сағатқа дейін артуы мүмкін. Қатайған өнімдер қалыптардан шығарылады, кептіруге арналған шатырдың астына 7-10 күн қойылады. Егер ауа-райы ыстық болса, төсеніштер жарылып кетпес үшін оларға су шашып отыру керек. Төсеніштер әбден кеуіп, түсі өзгерген кезде оларды жол салу үшін пайдалануға болады. 1-суретте Ресейлік құрылыс фирмасының бетонды төсеніштер алу жолы ретімен көрсетілген [4].

Бетон төсеніштерінің өндірісінде қоршаған ортаға зиян тигізбейтін материалдар қолдану. Лесовик В.С. зерттеу жұмысында айтылғандай, бетон төсенішінің құрамындағы цементтің өндірісінде толтырғыш ретінде шлакты қолдану, жоғары беріктігі бар жұқа ұнтақталған композициялық тұтқыр тротуар плиталарын өндіру үшін ең қолайлы болып көрінеді. Шлак цементтерінің портландцементтерге қарағанда артықшылығы – олардың химиялық әсерлерге төзімділігі, ылғалданудың төмен жылуы және үнемділігі. Мақалада берілген мәлімет бойынша бетон төсеніштері құрамындағы цементке шлак қосу, компоненттердің белгілі бір қатынасы бар цементтің минералогиялық құрамын таңдай отырып, бетонның құрылымы мен физикалық-механикалық қасиеттеріне қажетті бағытта әсер етуге болады. Тиімді



1-сурет – Ресейлік «Құрылыс технологиясы» фирмасы ұсынған бетонды төсеніштер алу технологиясының сызбанұсқасы

толтырғыштар алдын-ала белгіленген қасиеттері бар материалдарды синтездеуде көп функционалды мәнге ие [5].

Бетон төсеніштерінің құрамына цементтен бөлек бейметалдық матрицасы бар композициялық материалдар қосуға болады. Бейметалдық матрицасы бар композициялық материалдар – полимерлі, көміртекті және керамикалық материалдар. Полимерлер ретінде эпоксидті, фенол-формальдегидті және полиамидті матрицалар қолданылады. Биронт В.С., Орелкина А.Т. еңбектерінде келтірілгендей, шыны, көміртегі, бор, органикалық, бейорганикалық (оксидтердің, боридтердің, карбидтердің, нитридтердің жіп тәрізді кристалдары) талшықтар; металл сымдар; дисперсті бөлшектер қатайтқыштар болып табылады [6].

Қалдық шыны қосу арқылы бетонды төсеніштер алу. Шыны негізіндегі өнімдер салыстырмалы түрде көп мөлшерде өндіріледі және тұтынылады, бұл шыныны көптеген үй шаруашылықтарында кездесетін материалға айналдырады. Сонымен қатар, шынының бірқатар қажетті физика-химиялық қасиеттері бар екендігі кеңінен танылды, бұл оны құрылыс агрегаты ретінде пайдалануға жарамды етеді. Қасиеттеріне тоқталсақ оның биологиялық ыдырамайтын табиғаты, химиялық әсерге төзімділігі, суды төмен деңгейде сіңіруі, гидравликалық өткізгіштігі, температураға тәуелді икемділігі, бөлшектердің өзгермелі градациясы және оның көптеген пішіндерде химиялық композицияларда болуы жатады. Ресей бастаған бір топ шет ел ғалымдары осындай қасиеттердің

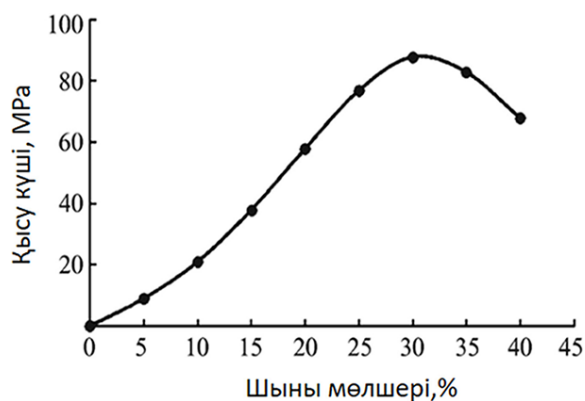
арқасында шыны инженерлік толтырғыш ретінде оның тиімділігін бағалау, тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін көптеген құрылыс технологияларында қолданылады деп болжайды [7].

Авишрешт С. бастаған бір топ ғалымдар зерттеу жұмысында 0,33% шыны талшық пен 1% көміртекті талшықтың қосылуы бастапқы бақылауға алынған бетон қоспасымен салыстырғанда иілу беріктігінің шамамен 2 және 5%-ға арттырғанын көрсетті [8].

Ресей ғалымдары Воронин К.М., Некрасова С.А. жасаған шолу жұмысы бойынша шыны-кварцты қоспамен алынған төсеніштер портландцементтен алынған төсеніштерге қарағанда эксплуатация бойынша жақсы қасиеттер көрсетеді (2-сурет). Сонымен қатар, олар жартылай престеу арқылы шыны құрамдас бетонды төсеніштер алу әдісін тиімді санайды [9]. Зерттеу жұмысында кварцты қайта өңдеу кезінде пайда болатын, химиялық құрамы келесідей 71.8% SiO_2 , 2.0% Al_2O_3 , 4.1% MgO , 6.7% CaO , 14.8% Na_2O , 0.1% Fe_2O_3 , 0.5% SO_3 ұнтақталған шыны пайдаланылған.

Бетон төсеніштерінің композициялық құрамына шыны материалын қосу үшін, пайдаланылатын басқа компоненттердің мөлшерін ескеру қажет. Құрамы 1 м куб. дайын ерітінді алу үшін, төмендегі қосылыстар мынадай мөлшерде болуы қажет:

- цемент – 500 кг;
- құммен қиыршық тас (2:1 қатынасы);
- пластификациялаушы қоспалар (мөлшері түрге байланысты);
- бояғыш – 7,5-12 кг (қанықтылық деңгейіне



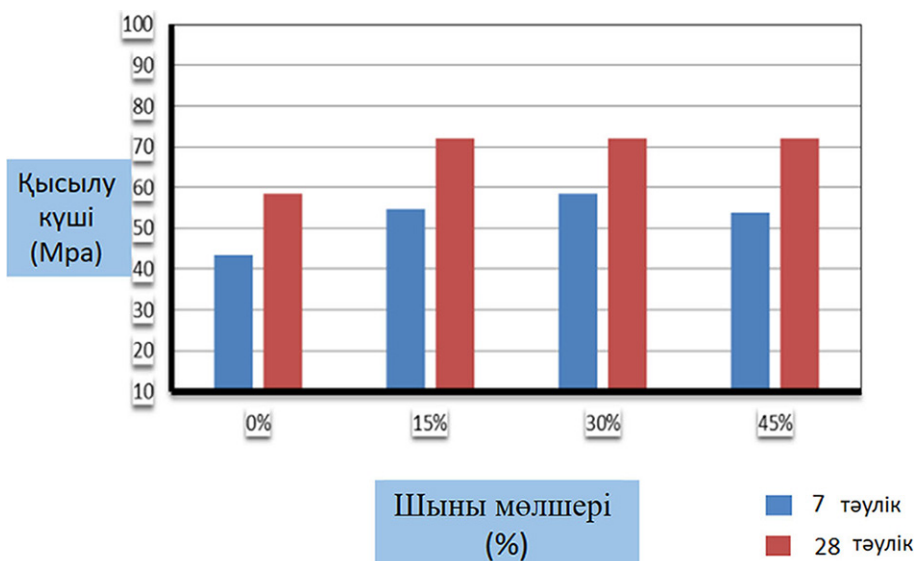
2-счет – Щебень состава в соответствии с нормативными требованиями к прочности (масса) [9]

эсер етеді).

Үнді елінің ғалымдарының ұсынған жұмысы бойынша бетонды төсеніштер құрамына жалпы массаның 15%, 30%, 45% мөлшері бойынша шыныны 90 мм-ге дейін ұсақтап қосқан. Содан соң композициялық құраммен алынған төсеніштерді

қарапайым төсеніштермен 7 және 28 тәулікте салыстырған. Нәтижелер шынының сығылған кезде соңғы бетон өнімінің беріктік қасиеттерін арттыратынын анық көрсетеді және сілті мен кремнезем қатысында алынған шыны қалдықтарын тиімді пайдалануға болатындығын анықтады (3-счет) [10].

Қорытынды. Жол құрылыс технологиясында бетонды төсеніштерді қолдану – асфальтты төсенішке қарағанда әдемі және сенімді. Алайда бетон төсеніштерін жасау кезінде оның құрамына кіретін материалдарды мұқият қадағалау керек. Соңғы жылдарды алға тартылған мәселелер бойынша, материалдар міндетті түрде экономикалық тиімді және экологиялық таза болғаны шарт. Сондықтан, мақалада бетон төсеніштерінің құрамына шыны қолдану ұсынылды. Зерттеу жұмыстарына жасалған шолу нәтижесінде, шыны материалы суды сіңірмейтін, абразияға жоғары төзімділікті қамтамасыз ететін толтырғыш болып саналады. Шыны қалдығы қосылған бетон төсеніштерінің меншікті салмағы төмендеп, оның құрамын арттырған сайын қысуға төзімділігі артып, иілуге төмендейтіні байқалған.



3-счет – Щебень добавленный бетонный слой прочности [10]

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Харун М.И., Костюкова К.А., Харисова Г.А., Матлахова А.С., Махиянова А.Р. Инновационные технологии в дорожном строительстве // Системные технологии. 2017. № 22. С. 55-59. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-v-dorozhnomstroitelstve> (дата обращения: 08.10.2022).
2. Фомин А.Ю., Кайс А.А. Литой серный бетон на основе асфальтогранулята // Известия КазГАСУ. 2018. № 2 (44). С. 70-78. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/litoy-sernyy-beton-na-osnove-asfaltogranulyata> (дата обращения: 08.10.2022).
3. Романенко И.И., Фадин А.И., Петровнина И.Н. Оценка качества тротуарной плитки на основе портландцемента, выпускаемой по технологии вибропрессования // ИВД. 2020. № 2 (62). С. 1020-1026. url: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-kachestva-trotuarnoy-plitki-na-osnove-portlandsementa-vypuskaemoy-po-tehnologii-vibropressovaniya> (дата обращения: 13.10.2022).
4. Брусчатка. Описание технологического процесса. [Электронды ресурсы] <https://vibromaster.ru/rus/article/bruschatka-tehprocess>

5. Лесовик В.С. и др. Использование композиционных вяжущих для повышения долговечности брусчатки бетонной // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 58-65. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kompozitsionnyh-vyazhuschih-dlya-povysheniya-dolgovechnosti-bruschatki-betonnoy> (дата обращения: 16.10.2022).
6. Материаловедение. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.С. Биронт, Т.А. Орелкина, Т.Н. Дроздова и др. – Электрон. дан. Красноярск: ИПК СФУ, 2018. – 352 с.
7. Perera, S.T.A.M.; Zhu, J.; Saberian, M.; Liu, M.; Cameron, D.; Maqsood, T.; Li, J. Application of Glass in Subsurface Pavement Layers // A Comprehensive Review. Sustainability, 2021. Vol. 13. P. 11825.
8. Avishreshth Singh, Akhil Charak, Krishna Prapoorna Biligiri, Venkataraman Pandurangan, Glass and carbon fiber reinforced polymer composite wastes in pervious concrete // Material characterization and lifecycle assessment, Resources, Conservation and Recycling, 2022. Vol. 182. P. 106304.
9. K.M. Voronin, 1, 2 S.A. Nekrasova, 1, 3 and N.I. Zubulina 1. Pavers from glass wastes and quartz dust // Glass and Ceramics, 2014. Vol. 71. Pp. 3-4.
10. Koli Nishikant, Aiwale Nachiket, Inamdar Avadhut, Abhishek Sangar. Manufacturing of Concrete Paving Block by Using Waste Glass // Material International Journal of Scientific and Research Publications, 2016. Vol. 6. Issue 61. Pp. 2250-3153.

Композитная бетонная брусчатка для дорожного строительства

¹**МОНТАЕВ Сарсенбек Алиакбарулы**, д.т.н., профессор, директор, montaeVs@mail.ru,

^{1*}**МУХАМАДИ Асел Болатбеккызы**, магистрант, asel.pto@mail.ru,

¹**ЖАРЫЛГАПОВ Сабит Муратович**, PhD, и.о. доцента, начальник отдела, sabit.raisa@mail.ru,

¹НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», Казахстан, Уральск, ул. Жангир хана, 51,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Общество рекомендует использовать экологически чистые и долговечные материалы для мощения вместо традиционно используемого асфальтобетона, уделяя особое внимание снижению затрат на строительство и современным технологиям. Многолетний опыт, накопленный в европейских странах, показывает эффективность мощения улиц мелкой брусчаткой. В настоящее время брусчатка изготавливается из натурального камня (брусчатки), керамического камня (клинкера) и мелкозернистого бетона. Самые долговечные брусчатки – это брусчатка, но для их производства требуются разработка карьеров и обработка дорожного камня, что приводит к образованию мелких отходов. Одним из основных факторов, препятствующих их использованию при производстве керамических материалов, является высокая температура спекания (1500°C), что значительно увеличивает расход энергии. Бетонные брусчатки в основном изготавливаются из мелкозернистого бетона, но сами брусчатки не такие прочные, как блоки и клинкер. В данной работе проведен обзор проведенных исследований по добавлению стекла в композиционный состав бетонных настилов. Обсуждено, как изменяются физические и механические параметры бетона.

Ключевые слова: бетонная брусчатка, технология дорожного строительства, стекло, композиционный состав, экономическая выгода, экологический остаток.

Composite Concrete Paving Stones for Road Construction

¹**MONTAEV Sarsenbek**, Dr. of Tech. Sci., Professor, Director, montaeVs@mail.ru,

^{1*}**MUKHAMADI Asel**, Master Student, asel.pto@mail.ru,

¹**ZHARYLGAPOV Sabit**, PhD, Acting Associate Professor, Head of Department, sabit.raisa@mail.ru,

¹NCJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University», Kazakhstan, Oral, Zhangir Khan Street, 51,

*corresponding author.

Abstract. The society pays attention to the reduction of construction costs and modern technologies and recommends using environmentally friendly and durable road paving materials instead of traditionally used asphalt concrete. Many years of experience accumulated in European countries shows the effectiveness of laying streets with small paving stones. Currently, the paving stones are made of natural stone (paving stones), ceramic stone (clinker) and fine-grained concrete. The most durable paving blocks are paving blocks, but for their production it is necessary to dig quarries and process precious stone, resulting in small waste. One of the main factors hindering their use in the production of ceramic materials is the high sintering temperature (1500°C), which significantly increases energy consumption. Concrete screed is mainly made of fine-grained concrete, but the screed itself is not as strong as blocks and clinker. In this paper, a review of studies on the inclusion of glass in the composite composition of concrete floors is carried out. Discussed of how the physical and mechanical parameters of concrete are subject to changes.

Keywords: concrete paving stones, road construction technology, glass, composite composition, economic benefit, ecological residue.