

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

МАҒТА 334.02
ӘОЖ 519.8

[DOI: 10.4411/s00123-022-456](https://doi.org/10.4411/s00123-022-456)

В.А. Кунаев¹, А.С. Кадыров², Г.Д. Исабекова¹

¹ Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан Республикасы

² Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан
(E-mail: v.kunayev@tttu.edu.kz)

Құрылыс кәсіпорындарының көлік техникасы парктерін оңтайландыру мәселесі

Жұмыста әртүрлі жағдайларда автомобиль жолдарын салу кезінде қолданылатын құрылыс ұйымының көлік техникасын жинақтау әдістеріне шолу жасалған. Шолу барысында жол техникасының пайдалану, экономикалық және техникалық сипаттамаларын оңтайландыру үшін экономикалық-математикалық модельдерде қолданылатын негізгі критерийлер бөлінді. Олардың ішінде шығындарды азайту кезінде ең үлкен пайдаға қол жеткізудің максималды пайдалы әсер, құрылысты мерзімінен бұрын аяқтаудың экономикалық артықшылықтарын ескеретін минималды келтірілген шығындар, минималды тәуекел критерийі, механикаландырылған операциялардың шығындарын бақылауды қамтамасыз ететін механикаландырылған жұмыстардың өзіндік құны, автопарктың жалпы өнімділігі, жалпыланған минимакс критерийі және т. б. бағытталған.

Қарастырылған критерийлердің артықшылықтары мен кемшіліктері бар, бірақ жол құрылысында қолданылатын техника паркін оңтайландыру үшін оңтайландырудың ең перспективалы төрт әдісі ерекше атап өтілді: максималды экономикалық тиімділікке қол жеткізу, жол құрылысына дисконтталған шығындарды азайту, құрылыс мерзімдерін қысқарту, жұмыстарды жүргізуге кететін еңбек шығындарын азайту.

Түйін сөздер: көлік техникасы, паркты оңтайландыру, оңтайлылық критерийі, экономикалық-математикалық модельдеу, машиналардың өнімділігі, құрылыс кәсіпорны.

Кіріспе

Автожолдар құрылысының бір ерекшелігі-ауа температурасы мен ылғалдылығы үнемі өзгеріп отыруы, қалыпты климаттық жағдайларда жол құрылымының қажетті қасиеттерінің және ең алдымен беріктік сипаттамалары жақсарып қалыптасуын қамтамасыз ету қажет. Жол құрылысының белгілі бір жағдайында қажетті жұмыстарды мүмкіндігінше сапалы, жылдам және минималды шығындармен орындауға мүмкіндік беретін жол-құрылыс машиналарының оңтайлы жиынтығын таңдау қажет. Құрылыс-жол машиналары паркін оңтайландыру мәселесін шешкен кезде машиналардың техникалық-экономикалық көрсеткіштерін ғана емес, сонымен қатар жол-құрылыс жағдайларын, соның ішінде жоспарланған жұмыстардың ұзақтығын, салынып жатқан объектіге материалдарды жеткізу үшін көлік коммуникацияларының болуын, жол санатын, жергілікті жол-құрылыс материалдарын қолдану мүмкіндігін (мысалы, белгілі бір аймақта алынатын техногендік қалдықтардан) және тағы басқаларын ескеру маңызды. Мұның бәрі жол-құрылыс жұмыстарын орындау үшін көлік техникасы паркін оңтайландырудың бұрыннан бар және гипотетикалық ықтимал әдістерін сыни талдаудың өзектілігі мен қажеттілігін растайды.

Материалдар мен әдістер

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Зерттеу әдістерін таңдау үшін құрылыс машиналарының көрсеткіштерін және жол құрылысының технологиялық процесін сипаттайтын параметрлерді оңтайландыру мәселелерін шешу жолдары талданды. Көлік техникасының парктерін оңтайландыру мәселелерін шешу үшін жүйелік тәсіл әдістері қолданылады, олардың кейбіреулері әртүрлі модельдердің көмегімен жүзеге асырылады. Модельдер материалдық және мінсіз болуы мүмкін. Материалдық модельдеу объектіні материалдық модельдерде зерттеуден тұрады. Материалдық модельдеудің мысалдары желілік графиктерді есептеу, эксперименттер жүргізу болуы мүмкін [1].

Мінсіз модельдеу ресми және бейресми болуы мүмкін. Ресми модельдер ұйымдық-технологиялық, математикалық, экономикалық-математикалық болып бөлінеді. Ұйымдастырушылық-технологиялық модельдер қарапайым және түсінікті, бірақ олар процесті жедел басқаруға мүмкіндік бермейді, мысалы, оған кездейсоқ факторлар әсер еткен кезде. Бұл модельдер экономикалық көрсеткіштерді есепке алмай, тек бір көрсеткіш бойынша есептеледі (әдетте машиналар жиынтығымен орындалатын жұмыстардың ұзақтығы бойынша) [1]. Аталған кемшіліктер техника паркін толықтыру процесін және оның кейіннен экономикалық-математикалық модельдің көмегімен жол-құрылыс жұмыстарын орындауын зерттеу кезінде жойылады [1].

Экономикалық-математикалық модельдеу оған әсер ететін факторларды ескере отырып, берілген процестің формальды сипаттамасы болып табылады (біздің жағдайда мұндай процесс көлік техникасының паркін толықтыру және оның объектіде жұмыс істеуі болып табылады). Оңтайлылық критерийлерінің саны модельдеу нәтижелерінің қажетті дұрыстығын қамтамасыз ету және оның қажетсіз күрделенуіне жол бермеу үшін нақты негізделуі керек. Экономикалық-математикалық модельдеу көп өлшемді есептерді шешуге мүмкіндік береді, бұл көлік жабдықтары паркін оңтайландыру процесін зерттеу кезінде маңызды. Нақты міндеттер үшін оңтайлылық критерийлерін таңдау олардың мәнін сапалы талдауды, шешілетін мәселені жан-жақты шешуді және қол жеткізуге болатын мақсатты дәл коюды талап етеді [1].

Нәтижелер және талқылау

Көлік техникасы паркін толықтыру, жол-құрылыс машиналарының параметрлерін таңдау және олардың жол құрылысы жағдайымен байланысын орнату кезінде оңтайландыру мәселелерін шешумен келесі зерттеушілер айналысты Унайбаев Б.Ж., Курмашева Б.К. [1], Баловнев В.И. [2], Кадыров А.С. [3], Кульгильдинов М.С. [4], Конторер С.Е. [5], Кудрявцев Е.М. [6], Венг К., Бо Ку [7], Данияров А.Н., Мясников А.В. [8], Иванов В.Н., Салихов Р.Ф., Груснев М.Г. [9], Двизов Д.А. [10], Мандровский К.П. [11] және басқалар. Бұл авторлардың зерттеу бағыты әртүрлі: Жер қазу машиналары жүйелерінің параметрлерін инженерлік оңтайландыру (Е. М. Кудрявцев); жұмыс процестерін физикалық және математикалық модельдеу (В. И. Баловнев); жабдықты қолдану тиімділігі (С. Е. Конторер), жол машиналарын пайдаланудың техникалық-экономикалық тиімділігінің кеңейтілген мониторингі (Мандровский К. П.) және т. б. Бұл ретте техникалық, экономикалық және технологиялық параметрлер оңтайландырылды.

Экономикалық-математикалық модельді әзірлеу және зерттеу әдетте математикалық бағдарламалау әдістеріне негізделген. Ең танымал-математикалық талдау әдістері (дифференциалды есептеу, Лагранж көбейткіштерінің әдісі, қатар теориялары және т. б.) [1].

Дифференциалды есептеуді қолдана отырып, оңтайландыру мәселелерін шешу зерттелетін мақсатты функцияның экстремалды нүктелерін анықтауға дейін азаяды (оңтайлылық критерийі). Нысаналы функция ретінде ресімделген кешенді көрсеткіш немесе көлік техникасы паркiне қойылатын талаптарды сипаттайтын бірнеше көрсеткіштер қабылданады. Экстремалды нүктелерді іздеу тәуелсіз және тәуелді айнымалы мәндері бар функциялар үшін жүзеге асырылуы мүмкін. Егер айнымалылар тәуелсіз болса, онда экстремалды нүктеде барлық ішінара туындылар нөлге айналады. Тәуелді айнымалылары бар функцияны зерттеу кезінде Лагранж көбейткіштерінің әдісі қолданылады. Лагранж мультипликаторларының экономикалық-математикалық моделін зерттеу

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

мақсатты функцияның айнымалы шамалары арасында байланыс бар және ресми түрде орнатылған жағдайда мүмкін болады.

Математикалық бағдарламалау әдістерінің басты ерекшелігі-олар тек бір мақсатты функцияның болуын болжайды, яғни. бір критерийлік есептерді шешуге қолайлы. Нақты жағдайда сіз бір емес, бірнеше критерийлерді басшылыққа алуыңыз керек. Сондықтан шешімді табу үшін көп өлшемді есептер жасанды түрде бір критерийге дейін азаяды. Осы мақсатта аралас критерийді қалыптастыру және дәйекті оңтайландыру әдістері қолданылады. Көп өлшемді есептерді шешудің тағы бір әдісі-мақсатты функцияны дәйекті оңтайландыру. Осы әдіске сәйкес бір маңызды критерий бойынша ең жақсы шешім анықталады. Егер мұндай шешім болса, онда ол келесі кезеңде шекаралық шарт ретінде қарастырылады және келесі мақсатты функция оңтайландырылады. Бұл әдістің кемшілігі - зерттелетін барлық мақсатты функциялар бір бағытта оңтайландырылуы керек – максималды немесе минимизацияланған. Критерийді таңдау мақсатқа байланысты жүргізілуі керек [1].

Кудрявцев Е.М. оңтайлылықтың бірқатар мүмкін өлшемдерін қарастырады [6]:

а) E_n^1 капитал салымдарының нормативтік коэффициентін және оны мерзімінен бұрын енгізудің әсерін ескере отырып, объектіні пайдалануға беруден максималды пайда алу түрінде көрсетілген Δ_n (максимизациялау принципінің әсері) максималды пайдалы ұлттық экономикалық әсеріне қол жеткізу;

б) y' объектісін мерзімінен бұрын пайдалануға берудің әсерін ескере отырып келтірілген ең төменгі шығындары;

в) минималды шығындар критерийі (Вальд критерийі), оған сәйкес машина жүйесінің параметрлерін біріктірудің осындай нұсқасы таңдалады, онда ең үлкен шығындар кез-келген басқа нұсқаға қарағанда аз болады;

г) ең төменгі тәуекел критерийі (Сэвиджа критерийі), оған сәйкес кез келген басқа нұсқа үшін ең үлкен тәуекелге қарағанда ең үлкен тәуекел аз болатын машина жүйесінің параметрлерін біріктіру нұсқасы таңдалады.

Конторер С.Е. жұмыста [5] машиналар паркін бөлу мәселесін шешу кезінде келесі критерийлердің бірін қолдануды: келтірілген шығындардың жиынтық мөлшері, машиналар паркінің механикаландырылған жұмыстарының құны, парктің жиынтық өндірісі, өндірістік бағдарламаның орындалу ұзақтығы ұсынады.

Баловнев В.И. ол машина дизайнының да, бүкіл құрылыс процесінің тиімділігін бағалайтын оңтайлылық критерийлерінің жүйесін ұсынды. Ағымдағы шығындарды анықтауға арналған өрнек мақсатты функция ретінде қарастырылады, ал қозғалтқыштың қуаты мен машинаның массасы анықтаушы факторлар ретінде қарастырылады. В. И. Баловнев енгізген критерийлер жүйесінің артықшылықтарының бірі салыстырмалы тиімділік коэффициенттерін белгілеу болып табылады, бұл нұсқаларда, әсіресе автоматтандырылған жобалау кезінде салыстыруды жеңілдетеді [2].

Мясников А.В., жол құрылысындағы машиналар парктерін қалыптастыру мен жұмысының ғылыми-техникалық негіздерін зерттеумен айналысатын, парктер жұмысын экономикалық-математикалық модельдеу негізінде құрылыс машиналары мобильді паркінің ұйымдық құрылымын қалыптастыру әдістемесін нақтылады [8].

В.Н. Иванов пен Р.Ф. Салихов құрған жол-құрылыс жұмыстарын орындаудың тиімді технологияларын таңдаудың экономикалық-математикалық моделі [9] технологиялардың тиімділігінің, машиналар жиынтығы мен кешендерінің, құрылыс өнімдерінің пайдалы қосымша қасиеттері мен пайдалану мерзімдерінің өзара әсерін ескереді. Қолданыстағы модельдерден айырмашылығы, ұсынылған математикалық аппарат кәсіпорындағы қолда бар қаражатты және оларды толтыру мөлшерін ескереді. Модельдің оңтайлылығының критерийі қарастырылып отырған кезеңдегі операциялардың барлық түрлерін орындау кезінде Δ максималды пайда.

Мандровский К.П. ақпаратты жинау және өңдеу жүйелерін қолдана отырып, Жол машиналарының тиімділігін басқару тұжырымдамасын қарастырады. Жұмыста [11] ол тиімділік критерийі ретінде бір шөмішті экскаваторларды пайдалану мысалында критерийге енгізілуі керек

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

шектеулерді ескере отырып, меншік шығындарын ескере отырып, өнім бірлігінің өзіндік құнын пайдалануды (МШӨӨҚ) ұсынады [11].

Двизов Д.А. белгіленген жұмыс көлемін орындау кезінде машиналарды пайдаланудың оңтайлы нұсқаларын таңдау әдістемесін ұсынады, онда оңтайлылық критерийі құрылыс процесінің минималды шығындары, объектіні пайдаланудан максималды пайда немесе ақшалай қаражаттың минималды шығындары болуы мүмкін средств [10]. Автор ұсынған математикалық модельдер магистральдық құрылыстарды салуға тікелей пайдалану шығындарымен қатар геодезиялық барлау шығындарын және қоршаған ортаны қорғауға бағытталған іс-шараларды ескеруге мүмкіндік береді.

Көлік техникасы паркін оңтайландыру саласындағы сипатталған жұмыс бағыттарын талдау нәтижелері бойынша қарастырылып отырған жүйенің барлық мүмкін қасиеттерін барынша толық көрсете алатын оңтайлылықтың ең көп таралған критерийлері анықталды (1-сурет).



Сурет 1- Жол құрылысының технологиялық процесінің оңтайлылығы мүмкін болу критерийлері

Жоғарыда қарастырылған зерттеулердің әртүрлі мақсаттары мен деңгейіне қарамастан, нәтижелердің сабақтастығын және шешілетін міндеттердің мақсаттарының сәйкестігін көру қиын емес. Осылайша, тиімділік критерийін зерттеу мәселесіне жүйелі көзқараспен қойылған міндеттерді шешу бір мақсатқа – ең үлкен нәтижеге қол жеткізуге бағынуы керек.

Қорытынды

Көлік техникасы паркін оңтайландырудың қолданыстағы әдістерін талдау нәтижелері бойынша экономикалық-математикалық модельдеу құрылыс-жол машиналарының технологиялық параметрлерінің өзгеруінің, құрылыс материалдарының сипаттамаларының және басқа да көптеген параметрлердің автомобиль жолын салу процесіне әсерін объективті экономикалық бағалауға мүмкіндік береді деген қорытындыға келді.

Экономикалық-математикалық модельді нақты зерттеу үшін өзара байланысты оңтайлылық критерийлерінің жүйесі қажет, олардың әрқайсысы белгілі бір кезеңдегі зерттеу міндеттеріне жауап беруі керек. Құрылыс жағдайларына байланысты барлық критерийлер жүйесі белгілі бір мақсатқа

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

бағынуы керек – максималды экономикалық нәтиже алу, көлік техникасы паркімен автожол салу бойынша жұмыстарды орындау кезінде ең аз дисконтталған шығындарды қамтамасыз ету, жұмыстарды орындаудың ең аз мерзімі немесе еңбек сыйымдылығы.

Осы тақырып бойынша одан әрі зерттеулер жол құрылысы жағдайларын ескере отырып, көлік техникасы паркін жинақтаудың әртүрлі нұсқаларын бағалауға мүмкіндік беретін экономикалық-математикалық модельді әзірлеуге және зерттеуге бағытталатын болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Кадыров А.С., Унайбаев Б.Ж., Курмашева Б.К. Теория предпроектного проектирования. На примере землеройных машин. – Караганда: Изд-во Санат, 2008. – 158 с.
2. Баловнев В.И. Оптимизация и выбор инновационных систем и процессов транспортно-технологических машин. – М.: Техполиграфцентр, 2014. – 390 с.
3. Кадыров А.С., Кунаев В.А., Ногаев К.А. Экономическое обоснование применения фрезерного рыхлителя и гидрофобизированного шлакового щебня в дорожном строительстве // Актуальні проблеми економіки. – 2017. – Т. 190, № 4. – С. 226-235.
4. Кульгильдинов М.С. Выявление тенденций развития и оценка технического уровня землеройных машин с учетом условий эксплуатации: дис. ... док. тех. наук. – Алматы, 2003. – 347 с.
5. Канторер С.Е. Методы обоснования эффективности применения машин в строительстве. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1969. – 292 с.
6. Кудрявцев Е. М. Оптимизация структуры многоканального комплекта строительных и дорожных машин // Механизация строительства. – 2012. – № 2. – С. 12-15.
7. Weng K., Qu B. The optimization of road building schedule based on budget restriction // Kybernetes. – 2009. – №38. – P. 441-447.
8. Кравченко И.Н., Мясников А.В., Шайбаков Р.Р., Петров А.Н. Методика обоснования экономической целесообразности аренды техники в транспортном строительстве // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 3. – С. 16-20.
9. Иванов В.Н., Салихов Р.Ф., Груснев М.Г. Математическая модель оптимального выбора машин при обновлении парка техники строительных организаций // Механизация строительства. – 2010. – №10. – С. 10-13.
10. Двизов Д.А. Повышение эффективности эксплуатации машин в строительстве путём выбора оптимальных вариантов выполнения механизированных работ: дис. ... канд. тех. наук: 05.05.04. – Волжский, 2007. – 177 с.
11. Мандровский К.П. Эксплуатационные условия в управлении эффективностью и техническом аудите дорожных машин // Интернет-журнал «Науковедение». – 2016. – №1(32). – С. 1-10.

В.А. Кунаев, А.С. Кадыров, Г.Д. Исабекова

Проблема оптимизации парков транспортной техники строительных предприятий

В работе представлен обзор методов комплектования транспортной техники строительной организации, применяемых при строительстве автомобильных дорог в различных условиях. В ходе обзора были выделены основные критерии, используемые в экономико-математических моделях для оптимизации эксплуатационных, экономических и технических характеристик дорожной техники. Среди них основное внимание уделяется максимальному полезному эффекту достижения наибольшей

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

прибыли при минимизации затрат, минимальным приведенным затратам, учитывающим экономические преимущества досрочного завершения строительства, критерию минимального риска, стоимости механизированных работ, обеспечивающей контроль затрат на механизированные операции, общей производительности автопарка, обобщенному критерию минимакса и т. д.

Выделены четыре наиболее перспективных метода оптимизации для оптимизации парка техники, рассматриваемых критериев, имеющих свои преимущества и недостатки, но используемых в дорожном строительстве: достижение максимальной экономической эффективности, снижение дисконтированных затрат на дорожное строительство, сокращение сроков строительства, снижение затрат труда на проведение работ.

Ключевые слова: транспортная техника, оптимизация парка, критерий оптимальности, экономико-математическое моделирование, производительность машин, строительное предприятие.

V. Kunaev, A. Kadyrov, G. Isabekova

On the issue of optimizing the fleets of transport equipment of construction enterprises

The paper presents an overview of the methods of completing transport equipment of a construction organization used in the construction of highways in different conditions. The review highlights the key criteria used in economic and mathematical models to optimize the operational, economic and technical characteristics of road equipment. Among them are the maximum beneficial effect aimed at achieving the greatest benefit while minimizing costs, the minimum reduced costs, taking into account the economic benefits of early completion of construction, the minimum risk criterion, the cost of mechanized work, ensuring control over the costs of mechanized operations, the total productivity of the fleet, the criterion of generalized minimax, etc. The considered criteria have their advantages and disadvantages, but in order to optimize the fleet of equipment used in road construction, four of the most promising optimization methods are highlighted: achieving maximum economic effect, minimizing discounted road construction costs, reducing construction deadlines, and reducing labor costs for work.

Key words: transport equipment, fleet optimization, optimality criterion, economic and mathematical modeling, machine performance, construction enterprise.

References

1. Kadyrov A.S., Unajbaev B.Zh., Kurmasheva B.K. Teorija predproektnogo proektirovanija. Na primere zemlerojnyh mashin. – Karaganda: Izd-vo Sanat, 2008. – 158 s.
2. Balovnev V.I. Optimizacija i vybor innovacionnyh sistem i processov transportno-tehnologicheskijh mashin. – M.: Tehpoligrafcentr, 2014. – 390 s.
3. Kadyrov A.S., Kunaev V.A., Nogaev K.A. Jekonomicheskoe obosnovanie primenenija frezernogo ryhlitelja i gidrofobizirovannogo shlakovogo shhebnya v dorozhnom stroitel'stve // Aktual'ni problemi ekonomiki. – 2017. – T. 190, № 4. – S. 226-235.
4. Kul'gil'dinov M.S. Vyjavlenie tendencij razvitija i ocenka tehničeskogo urovnja zemlerojnyh mashin s uchetom uslovij jekspluatacii: dis. ... dok. teh. nauk. – Almaty, 2003. – 347 s.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

5. Kantorer S.E. Metody obosnovanija jeffektivnosti primenenija mashin v stroitel'stve. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Strojizdat, 1969. – 292 s.
6. Kudrjavcev E. M. Optimizacija struktury mnogokanal'nogo kompleksa stroitel'nyh i dorozhnyh mashin // Mehanizacija stroitel'stva. – 2012. – № 2. – S. 12-15.
7. Weng K., Qu B. The optimization of road building schedule based on budget restriction // Kybernetes. – 2009. – №38. – P. 441-447.
8. Kravchenko I.N., Mjasnikov A.V., Shajbakov R.R., Petrov A.N. Metodika obosnovanija jekonomicheskoj celesoobraznosti arendy tehnik v transportnom stroitel'stve // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2013. – № 3. – S. 16-20.
9. Ivanov V.N., Salihov R.F., Grusnev M.G. Matematicheskaja model' optimal'nogo vybora mashin pri obnovlenii parka tehnik stroitel'nyh organizacij // Mehanizacija stroitel'stva. – 2010. – №10. – S. 10-13.
10. Dvizov D.A. Povyshenie jeffektivnosti jekspluatacii mashin v stroitel'stve putjom vybora optimal'nyh variantov vypolnenija mehanizirovannyh rabot: dis. ... kand. teh. nauk: 05.05.04. – Volzhskij, 2007. – 177 s.
11. Mandrovskij K.P. Jekspluacionnye uslovija v upravlenii jeffektivnost'ju i tehničeskom audite dorozhnyh mashin // Internet-zhurnal «Naukovedenie». – 2016. – №1(32). – S. 1-10.