



DOI 10.51885/1561-4212_2025_4_5
FTAXP 36.01.11

ЖОЛДАРДЫ ЖОБАЛАУ КЕЗІНДЕ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫ ЖӘНЕ BIM ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И BIM-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОРОГ

GEODETTIC MEASUREMENT TOOLS AND BIM TECHNOLOGIES IN ROAD DESIGN

Ж.А. Алпыспаева  ^{1*}, Ж.З. Толеубекова  ², С.К. Макенова  ²

¹М. Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы қ., Қазақстан

²«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана қ., Қазақстан

*Жауапты-автор: Алпыспаева Жұлдыз Аскарвна, e-mail: zhuldyz_91-91@mail.ru:

Түйінді сөздер:

1-ші геодезиялық аспаптар, 2-ші геоақпараттық жүйелер, 3-ші BIM-технологиялар, 4-ші жобалау, 5-ші модельдеу, 6-ші жол жабыны, 7-ші топырақ, тығыздау, 8-ші тығыздау 9-ші инфрақұрылым, 10-ші инновация.

ТҮЙІНДЕМЕ

Қазіргі жол құрылысы инновациялық технологиялармен, жаңа материалдармен және жетілдірілген техникамен тығыз байланысты, бұл құрылыстың сапасын айтарлықтай арттырады. Құрылыс жобалаудағы негізгі құралдардың бірі — күрделі инфрақұрылымдар мен көпдеңгейлі қалалық жолдарды жобалауда кеңінен қолданылатын BIM (Building Information Modeling) технологиясы. Тасымалдау құрылысында жиі қолданылатын георадар — бұзбай тексеру әдістерінің бірі. GPR жүйесіне кеңжолақты антенна, GPS, цифрлық камералар, мәліметтерді жинау және өңдеу құрылғылары кіреді. Антеннадан жіберілген импульстер әртүрлі диэлектрлік қасиеттері бар ортадан шағылысады. Бұл сигналдар күшейтіліп, цифрлық форматқа айналып, өңделіп, жер астындағы құрылымды бейнелейді. Бұл мақалада георадармен алынған мәліметтерді BIM жүйесіне енгізу арқылы жол материалдарының қасиеттерін бағалау мысалы келтірілген. BIM технологиясы жобалау шығындарын азайтуға, құжат айналымын оңтайландыруға, жобалау мен құрылыс сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

Ключевые слова:

геодезические приборы 1, геоинформационные системы 2, BIM-технологии 3, проектирование 4, моделирование 5, дорожное покрытие 6, грунты 7, уплотнение 8, инфраструктура 9, инновация 10.

АННОТАЦИЯ

Современное дорожное строительство активно развивается за счёт внедрения инновационных технологий, новых материалов и усовершенствованной техники, что существенно повышает качество работ. Одним из ключевых инструментов при проектировании транспортной инфраструктуры, включая многоуровневые городские дороги, являются технологии информационного моделирования зданий (BIM). Георадар — одно из ведущих средств неразрушающего контроля, применяемое в транспортном строительстве. Система GPR включает широкополосную антенну, GPS, цифровые камеры, устройство сбора и обработки данных. Импульсы, испускаемые антенной, отражаются от сред с различной диэлектрической проницаемостью. Сигналы усиливаются, оцифровываются и визуализируются, отображая подповерхностные



структуры. В статье также представлен пример использования данных георадара в BIM-среде для анализа свойств дорожных материалов. Применение BIM-технологий позволяет значительно сократить затраты на проектирование, оптимизировать документацию, повысить точность и скорость строительства, снизить количество ошибок и непредвиденных расходов.

Keywords:

surveying instruments 1,
geographic information
systems 2, BIM
technologies 3, design 4,
modelling 5, road
pavement 6, soils 7,
compaction 8,
infrastructure 9,
innovation 10.

ABSTRACT

Modern road construction is increasingly driven by innovative technologies, advanced materials, and improved machinery, all of which enhance construction quality. A key tool in today's design process is Building Information Modeling (BIM), widely used in planning complex infrastructure and multi-level urban roads. Ground-penetrating radar (GPR), based on radar principles, is a leading non-destructive testing method in transport construction. GPR systems include a broadband antenna, GPS, digital cameras, a data acquisition unit, and processing software. The system emits probing pulses that reflect off materials with differing dielectric properties. Reflected signals are amplified, digitized, and processed to visualize subsurface features such as groundwater levels, pavement layer thicknesses, and soil compaction. This paper also demonstrates the integration of GPR data with BIM technology to assess road material properties. BIM enables cost reduction, streamlined documentation, real-time collaboration, improved design accuracy, and faster construction, while minimizing errors and unplanned expenses.

КІРІСПЕ

Автомобиль жолдарын жобалау практикасында цифрлық технологияларды қолдануға негізделген құрылыс объектілерінің сызбаларын әзірлеудің заманауи прогрессивті әдістерін дамыту жол саласының ірі мемлекеттік және жеке ұйымдарында BIM-технологияларды енгізуге белсенді ықпал етеді (Khalid Amin, 2023; Воропаев Л.Ю, 2018). "BIM" аббревиатурасының мағыналық транскрипциясы (Building information Modeling, BIM ағылшын транскрипциясында) оның ақпараттық моделін қалыптастыруға және дамытуға негізделген құрылыс объектісін модельдеу әдісін білдіреді (Попов, А.Р., 2019; Rabia Charef, 2018;). Жобалау ғана емес, сонымен қатар жобаларды басқару да тиімді болуы керек, бұл қажетті дәлдік пен сенімділікпен алынған кең ақпаратты қажет етеді, сонымен қатар жобаны визуализация құралдарымен жабдықтау, яғни 3D моделін құру, бұл оның жеке элементтерінің егжей-тегжейлері мен өзара әрекеттесуін тиімді талдауға әкеледі. Технологиялық ақпараттық модельдердің маңызды артықшылықтарына олардың дамып келе жатқан жаңа бағыты – құрылысты ұйымдастыру және жоспарлау, яғни 4D модельдеу жатады. Жобаның бұл тұжырымдамасы (4D моделі) жобаланған объектінің 3D моделін және құрылыстың күнтізбелік кестесін оның бір кеңістігіне байланыстырады, осылайша кеңістікте және уақытта көрнекі-визуалды модель жасайды. Бұл сонымен қатар объектінің жеке элементтерінің құрылысын бақылауға және жұмыстың басталу кестесі бекітілгенге дейін түзетулер енгізуге мүмкіндік береді. Бұл модельдің артықшылықтары айқын және құрылыс алаңына жабдықтар мен құрылымдарды жеткізу мерзімдерін жоспарлауды қамтитын оңтайлы ұйымдастырушылық және басқарушылық шешімдерді табудан тұрады. Күнтізбелік кестені Autodesk Navisworks және Bentley Synchro Pro бағдарламалық өнімдерінің, сондай-ақ Microsoft Project, Oracle Primavera P6, Powerproject бағдарламалық жасақтамаларының интеграциясы арқылы қалыптастыру ыңғайлы (В.П. Куприяновский, 2016). Геодезиялық әдістерді оңтайландыру үшін заманауи технологияларды қолдану маңызды: лазерлік және радиолокациялық сканерлеу,



дрондарды қолданатын фотограмметрия, спутниктік өлшеу. Бұл технологияны қолданудың өзектілігі күмән тудырмайды.

Орта және шағын бизнес ұйымдарында BIM-технологияларды енгізу қажетті бағдарламалық қамтамасыз етуді сатып алу, қызметкерлерді бағдарламалық өніммен жұмыс істеу дағдыларына үйрету, жобаларды мүлдем басқа форматқа көшіру үшін қажетті үлгілерді жасау кезінде материалдық ресурстардың айтарлықтай шығындарын талап етеді. Әрине, бұл жағдайда қызметкерлердің еңбек өнімділігі басында төмендейді, содан кейін артады және айтарлықтай деңгейге жетеді (Добрынин П.А., 2016; Пакидов О.И., 2014).

Адаптивті басқарудың өзекті мәселесін шешу үшін негізінен басқару объектілерінің сипаттамаларының өзгеруі, сондай-ақ жобаланған объектілерге сыртқы әсер ететін бұзылулардың өзгеруі аясында параметрлер мен құрылымды өзгерту мүмкіндігі бар объектінің басқарылатын ақпараттық моделі қолданылады. «Басқарудың кез келген күрделі процесінде тікелей және кері байланыс арналарымен байланысқан басқарушы мен басқарылатын объектілердің өзара әрекеттесуі жүреді. Тікелей байланыс арнасы арқылы басқару сигналдары, ал кері байланыс арнасы арқылы басқарылатын объектінің жай-күйі туралы ақпарат беріледі. Кері байланысты Басқару жүйелерінде басқару объектісі тікелей басқару арнасы арқылы басқару объектісіне қажетті әрекеттерді орындайды, ал кері байланыс арнасы арқылы объектінің нақты күйін сипаттайтын параметрлер туралы ақпарат алады. Бұл басқарудың дәлдігі мен тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді». (Заид, 2022., Tchana Tankeu, 2021) Бұл аспект басқарудың сапасы мен тиімділігін айтарлықтай жақсартады.

Қазіргі уақытта ұлттық экономиканың көптеген секторларында біздің еліміздегі экономикалық субъектілерді басқару тетігі ретінде цифрлық ақпараттық модельді іске асыру тәсілі қабылданды. Дегенмен, жол құрылысы секторында бұл әдістеме салыстырмалы түрде жақында қолданыла бастады. (М.Д. Алексеев, 2020, В.А. Фонтокина, 2022). Цифрлық ақпараттық модельдер Тұжырымдамаланып, Қазақстан Республикасында соңғы бірнеше онжылдықта ғана енгізілді. Ғимараттарды ақпараттық модельдеу (BIM) технологияларын қолдана отырып жобаларды әзірлеу жоба клиенттерінің талаптарына сәйкес ақпараттық модельдер құруға бағытталған бірқатар процестерді анықтауды қамтиды. Ғимараттарды ақпараттық модельдеу (BIM) технологияларын барлық кезеңдерде қолданатын ұйым — жобалау мен жабдықтаудан бастап құрылыс алаңдарын пайдалануға дейін-объектінің толық өмірлік цикліне сәйкес жұмыс істейді. Сандық BIM моделі объектіге бағытталған параметрлік 3D алдын ала қарау болып табылады. Ол интеллектуалды, ақпараттық қаныққан элементтер жиынтығы түрінде жобаның физикалық, техникалық, функционалдық және басқа сипаттамаларын сандық форматта біріктіреді.

BIM қолданудың артықшылықтары:

1. Жаңа бәсекелестік артықшылықтар алу. Төменде сипатталған барлық артықшылықтар жаңа нарықтар мен жаңа клиенттерге қол жеткізуге мүмкіндік береді.

2. Тұжырымдама кезеңіндегі өзгергіштік. Модельді құру процесі классикалық дизайнға қатысты анағұрлым жедел. Тапсырыс беруші объектінің көрнекі бейнесін оңай түсінеді.

3. Жобаларды орындау мерзімдерін қысқарту. Тұжырымдама кезеңіндегі деректер жоғалмайды, бірақ жобалау кезеңіне өтеді және шамамен 30 % құрайды. Жобалау 30 %-ға дейін жеделдетіледі – құнның төмендеуі немесе кірістің өсуі.

4. Қайшылықтарды анықтау арқылы шығындарды азайту. Жобалаудың алғашқы кезеңдерінде қайшылықтарды анықтау және өзгерістер енгізу құнын арзандату. Тапсырыс беруші үшін қайта өңдеу шығындарын азайту.

5. Барлық кезеңдерде жобалық құжаттамамен жұмыс істеу тиімділігін арттыру. Жобаға кез келген кезеңде өзгерістер енгізудің жоғары жылдамдығы. Материалдар көлемін дұрыс есептеу.

6. Заңнама талаптарына сәйкестігі. Үкімет қаулысына сәйкес, BIM технологиясы ҚР құрылыс нарығына белсенді түрде ілгерілеуде және жақын арада қажеттілік болады.

7. Бөлімдер арасындағы байланысты жақсарту. Бір кеңістікте ұжымдық жұмысты ұйымдастыру өнімсіз қызметке кететін уақытты азайтуға мүмкіндік береді.

Георадардан алынған координаттар мен параметрлер BIM платформасы түсінетін форматтарға экспортталады. Георадар қолданыстағы жағдай туралы нақты деректерді жеткізеді, ал BIM технологиялары оларды біріктіруге, талдауға және объектінің бүкіл өмірлік циклінде-жобалаудан бастап бұзуға дейін пайдалануға мүмкіндік береді. (Tchana Tankeu, 2021; Zayed; 2022)

BIM цифрлық ақпараттық моделі ақпаратты басқару жүйесінде негізгі мәнге ие екенін атап өту қажет. Жобалау әдіснамасына BIM технологияларын толық біріктіру және жол секторындағы құрылыс объектісінің дамуын тиімді бақылау үшін басқару процесінің белгілі бір кезеңдерінде геодезиялық аспаптар мен аппараттық-бағдарламалық жүйелердің көмегімен алынатын объектінің геометриялық параметрлері туралы үш өлшемді деректер қажет. (L. Bárta, 2021; M. Boyarchuk, 2022).

ЗЕРТТЕУДІҢ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

СП 333.1325800.2017 ережелер жинағында құрылысты геодезиялық қамтамасыз ету үшін BIM-модельдерді пайдалануға байланысты мәселелер қаралады. Сондай-ақ орталықтандыру жұмыстары мен бақылаудың дәлдігі мен жылдамдығын арттыру міндеттері. Цифрлық модель мен нақты салынған объект арасындағы сәйкестікті қамтамасыз етеді.

BIM-технологиялар пайдаланылатын өлшеу құралдарына қысқаша шолу жасайық. «Астана-Петропавл» автомобиль жолының учаскесіне жүргізілген зерттеулерде бортында РРК антеннасы бар TOPODRONE DJI Phantom 4 ProV2 квадрокоптерінен жасалған түсірілім материалдары пайдаланылды. Оған 20 Мп камера, 1 дюйм матрица орнатылған. DJI Phantom 4 ProV2.0 PPKL1/L2 геодезиялық квадрокоптері (1-сурет) геодезиялық мақсаттар үшін сантиметрлік дәлдікпен аэрофототүсірілімді орындауға арналған.



1-сурет. DJI Phantom 4 PROV2.0 PPK квадрокоптері

Ескерту – өндірушіден және БАҚ шолуынан



Сондай-ақ Trimble R8 GPS қабылдағышы пайдаланылды, ол объектілердің және олардың жекелеген элементтерінің координаттарын жоғары дәлдікпен анықтайды, сондай-ақ олардың салыстырмалы орналасуын белгілейді. Аралас әдісті пайдалану ҰҰА-мен тірек нүктелеріне қойылатын GNSS қабылдағышының сызбасымен бірге сызбаны орындауды көздейді. 2-суретте суретте танылған тірек нүктесі берілген. Орындалған зерттеу нәтижелері бойынша осы жағдайларда автожол учаскесін күрделі жөндеуге іздестіруді орындау үшін тек қана ҰҰА материалдарын пайдалана отырып топографиялық түсірілім жүргізуге жол берілмейді, демек, жердегі түсірілімді, оның ішінде жергілікті жердегі инженерлік коммуникацияларды пайдалануды көздейтін құрамдастырылған әдісті қолдану ұсынылады.



2-сурет. Суреттегі тірек нүктелері

Ескерту – зерттелетін учаскеден түсірілген сурет

Қазіргі уақытта заманауи геодезиялық аспаптар BIM-технологияларды қолдануға негізделген өлшемдердің мынадай түрлерін орындауға мүмкіндік береді:

- автоматтандырылған режимде ақпараттық деректер массивтерін дәлме-дәл өлшеуді және жинауды жүргізуге;
- әзірленген ақпараттық модель негізінде құрылыстың көлік саласы объектілерінің геометриясын бақылауды жүзеге асыруға міндетті.

Бұдан басқа, жол-құрылыс саласын автоматтандырылған басқару міндеттерін шешуге қабілетті әртүрлі геодезиялық аспаптар мен бағдарламалық-аппараттық кешендерді шығаруға маманданған BIM-технологиялар, геодезиялық өлшеу құралдары өнімдерін әзірлейтін және шығаратын өндірістік ұйымдар. Қазіргі уақытта, 3-суретте ұсынылған кеңістіктік және ұзын нысандар туралы ақпаратты автоматты жинау мен өңдеуге арналған ұтқыр топографиялық аспаптар өзекті болып табылады. (Prokhorov, A.,2022)



3-сурет. Ұтқыр топографиялық аспаптар:

а – тахеометр, б – лазерлік сканер, в – робосканер

Ескерту – өндірушінің ресми сайтынан

Құрылыстағы жоғары дәлдікті бақылау міндеттерін шешу Autodesk өнімдері негізінде заманауи геодезиялық құралдар мен ақпараттық базаны қолданумен қамтамасыз етіледі. BIM-технологияларды енгізу жобалық цифрлық модельді сканерленген физикалық объектінің нүктелер бұлтымен салыстыру арқылы жоғары дәлдікке қол жеткізуге мүмкіндік береді, ол үшін мамандандырылған бағдарламалық модульдер пайдаланылады.

Көлік инфрақұрылымы саласында георадарлық зерттеулер:

- жол төсемдерін тығыздау қалыңдығы мен сапасын анықтау;
- құрылыстардың іргетастарын бағалау;
- топырақтың қату тереңдігі мен ылғалдылығын анықтау;
- топырақ эрозиясына қарсы күрес.

Автожолдар мен ілеспе объектілерді қоса алғанда, желілік объектілерді цифрландыру қазіргі заманғы геоақпараттық жүйелердің көмегімен жүзеге асырылады. Деректерді цифрландыру үшін сандық камера пайдаланылады, бейне жүйе GPR георадарын пайдалана отырып, асфальт-бетон жабыңдыларын ақауларға тексереді және жергілікті жердің сандық картасында орналасқан жерін белгілейді. BIM-технологияларды пайдалана отырып, бұзбайтын сынақтардың жиі қолданылатын әдістері мен аспаптарын қарастырайық:

ТҮСЕТІН ЖҮКТІҢ ДЕФЛЕКТОМЕТРІМЕН БҰЗБАЙТЫН СЫНАУ ӘДІСІ

Қабат модульдерінің мәндерін есептеудің бұзбайтын әдісі мыналарды анықтауға және алуға мүмкіндік береді:

- Көп қабатты асфальт-бетон жабынының икемділігі, ол шаршап жарылу, соқпақтық және температуралық жарылу сияқты зақымданулардың дамуына едәуір әсер етеді;
- Жол жабыны қабатының модульдері, оның қаттылық өлшемі болып табылады;
- Жазбалар көтергіш пластинадан датчиктерді алып тастау кезінде алынған жол жабынының неғұрлым терең қабаттарынан алынған деректер.

Георадармен бұзбайтын сынау әдісі

Жер асты зондаудың (георадардың) радиолокациялық аспабының жұмысы радиолокацияның классикалық қағидаттарына негізделеді. Аспаптың таратушы антеннасы квазигармоникалық сигналдың 1,0-1,5 кезеңі және сәулеленудің жеткілікті кең спектрі бар аса қысқа мерзімді электромагниттік импульстер (бірліктер мен наносекунд үлестері) сәулеленеді. Сигналдың орталық жиілігі антенна типімен анықталады. GPR георадары деректерін жинау жүйесі цифрлық қос камерадан, компьютерден, георадар деректерін



жинаудың компьютерлік жүйесінен, GPS антеннасынан және GPR георадарынан тұратын аспалы жабдығы бар автомобиль-фургон базасында орналастырылады (4-сурет).

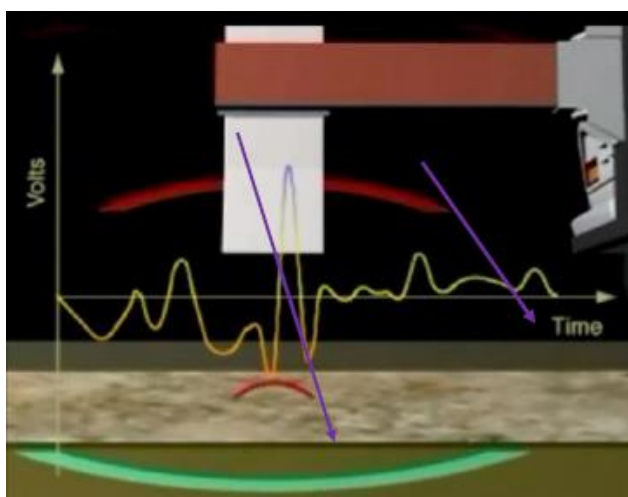


4-сурет. GPR георадарының деректерін жинау жүйесі:

а – аспалы жабдығы бар автомобиль-фургон; б – георадардың деректерін жинаудың компьютерлік жүйесі

Ескерту – «Жол активтері сапасының ұлттық орталығы» ШЖҚ РМК жылжымалы зертханасынан түсірілім

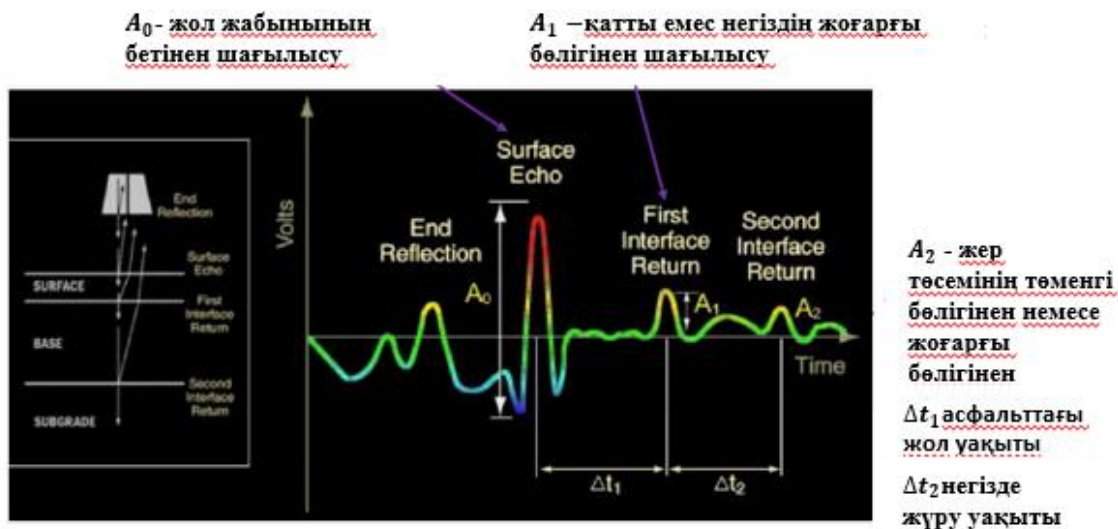
5-суретте ұсынылған GPR георадары екі үшкір конустық ұштардан, импульс генераторынан (таратушы антенна) және сынама іріктегіштен (қабылдау антеннасы) тұрады.



5-сурет. Георадар GPR

Ескерту – «Жол активтері сапасының ұлттық орталығы» ШЖҚ РМК жылжымалы зертханасынан түсірілім

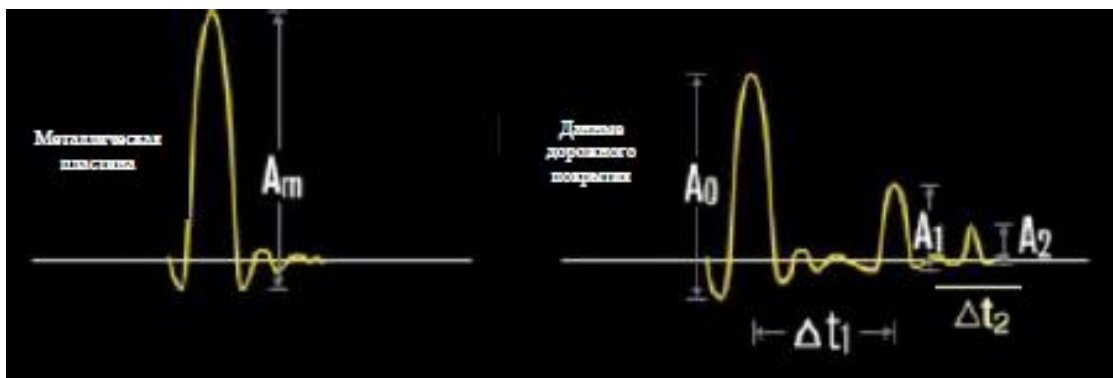
Импульстің ұзақтығын таңдау зондтаудың қажетті тереңдігімен және аспаптың рұқсат ету қабілетімен анықталады. Жазу үлгісі 6-суретте көрсетілген.



6-сурет. GPR георадары алған жазба

Ескерту – ғылыми жарияланымдардан РЕНКО-жоба.

«Зондтау импульстерін қалыптастыру үшін кең жолақты таратушы антеннаның кернеу ауытқуымен қоздыру (қоздырудың соққы әдісі) пайдаланылады. Зерттелетін ортаға сәулеленетін импульс ондағы заттардан немесе ортаның диэлектрлік өткізгіштігі немесе өткізгіштігі ерекшеленетін біртекті еместігінен көрінеді, қабылдағыш антеннамен қабылданады, кең жолақты күшейткішпен күшейтіледі, аналогтық-цифрлық түрлендіргіштің көмегімен сандық түрге өзгертіледі және кейінгі өңдеу үшін жадыға енгізіледі (7-сурет). Өңдеуден кейін алынған ақпарат индикаторда көрсетіледі». (О.В. Замотайлов, 2012; R. Cefalo, 2017; T. Mill, 2015.)



7-сурет. Сәулеленетін импульсті аналогтық-цифрлық түрлендіру

Ескерту – ғылыми жарияланымдардан РЕНКО-жоба

Деректерді өңдеу кезіндегі негізгі теңдеулер:

$$\varepsilon_a = \left[\frac{1 + A_0/A_m}{1 - A_0/A_m} \right]^2$$



ε_a – Үстіңгі қабаттың диэлектрлік өткізгіштігі;

A_0 – Беттік шағылысу амплитудасы, вольтпен;

A_m – Металл пластинадан шағылысу амплитудасы, вольтпен.

$$h_a = \frac{c\Delta t_1}{\sqrt{\varepsilon_a}}$$

h_a – Жоғарғы қабаттың қалыңдығы;

c – Ауадағы электромагниттік толқынның жылдамдығы (екі жаққа да 150 мм/нс);

$\Delta t_1 = A_0$ және A_1 шыңдары арасындағы уақытша кідірістер (нс).

$$\sqrt{\varepsilon_b} = \sqrt{\varepsilon_a} \left[\frac{1 + \left(\frac{A_0}{A_m}\right)^2 + \left(\frac{A_1}{A_m}\right)}{1 - \left(\frac{A_0}{A_m}\right)^2 - \left(\frac{A_1}{A_m}\right)} \right]$$

ε_b – Негіздің диэлектрлік өткізгіштігі;

A_1 – Базалық қабаттың жоғарғы бөлігінен шағылысу амплитудасы, вольтпен;

$$h_{base} = \frac{c \times \Delta t_2}{\sqrt{\varepsilon_b}}$$

h_{base} – Негіз қабатының қалыңдығы;

1-кесте. Жол жабыны материалдарының электрлік қасиеттері

Материалдың атауы	Диэлектрлік өткізгіштік	
	Нақты	Босаңсытатын
Асфальт (ыстық қоспа)	5 – 7	Төмен
Кесілген асфальтбетон	< 4	Төмен
Асфальтбетон – жеңіл (кеуекті)	3 – 4	Төмен
Асфальтбетон – жеңіл	> 8	Төмен
РФС* – кәдімгі	3,5 – 4,5	Төмен
РФС – жеңіл	2 – 4	Төмен
Қатты емес негіз (құрғақ) <8 Төмен	< 8	Төмен
Қатты емес негіз (оңтайлы ылғалдылық кезінде)	8 – 12	Төмен
Қатты емес негіз (қанық)	> 16	Төмен
Цементпен өңделген негіз	7 – 9	Төмен
Саз (ылғалды)	> 20	Төмен
Бетон (ескі)	8	Төмен
Бетон (жаңа)	10 – 20	Төмен
Ауа	1	Төмен
Су	81	Жоғары
Мұз	3	Төмен

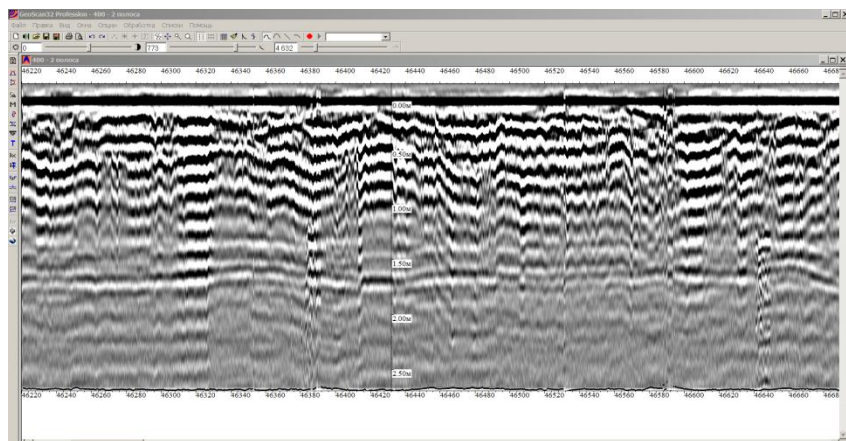
Ескерту – Георадарды пайдалана отырып, асфальт жабынын диэлектрлік кескіндеу жүйесі бойынша нұсқаулық

2-кесте. Георадар деректері бойынша жол жабынын зерттеу нәтижелері (34 км) (фрагмент)

км	м	материал	қалыңдығы	материал	қалыңдығы	материал	қалыңдығы
	жоба	ЩМА+Асфальт	15	С4	20	Дресва	30
34	0	ЩМА+Асфальт	13,8	С4	17	Дресва	37,9
34	50	ЩМА+Асфальт	17,2	С4	17	Дресва	31,4
34	100	ЩМА+Асфальт	16	С4	14,4	Дресва	57,2
34	150	ЩМА+Асфальт	17,2	С4	13,7	Дресва	32,5
34	200	ЩМА+Асфальт	16,6	С4	13,7	Дресва	39,3
34	250	ЩМА+Асфальт	16	С4	15	Дресва	34,8
34	300	ЩМА+Асфальт	14,9	С4	15,7	Дресва	35,9
34	350	ЩМА+Асфальт	16,6	С4	13,7	Дресва	28
34	400	ЩМА+Асфальт	15,5	С4	16,3	Дресва	30,3
34	450	ЩМА+Асфальт	14,4	С4	15	Дресва	28,0
34	500	ЩМА+Асфальт	14,4	С4	14,4	Дресва	29,2
34	550	ЩМА+Асфальт	15,5	С4	13,1	Дресва	31,4
34	600	ЩМА+Асфальт	15,5	С4	14,4	Дресва	29,2
34	650	ЩМА+Асфальт	14,9	С4	16,3	Дресва	28,0
34	700	ЩМА+Асфальт	14,9	С4	16,3	Дресва	34,8
34	750	ЩМА+Асфальт	15,5	С4	14,4	Дресва	35,9
34	800	ЩМА+Асфальт	17,2	С4	15	Дресва	35,9
34	850	ЩМА+Асфальт	17,2	С4	12,4	Дресва	38,1
34	900	ЩМА+Асфальт	16,6	С4	14,4	Дресва	38,1
34	950	ЩМА+Асфальт	16,6	С4	15	Дресва	40,4

Ескерту – «Астананың Оңтүстік-Шығыс айналма жолы» зерттелетін учаскесінің жылжымалы зертханасының деректері

Бірақ объект бойынша орындалған жұмыстардың тиісті сапасын да көрсете алады. Біздің ойымызша, тиісті сапаны арақашықтық еселігін, құрғақ ауа райында және мінсіз таза жол төсемінде бойлық түсірілім жүргізуді атауға болатын шарттар сақталған жағдайда толық көлемде қамтамасыз етуге болады.



8-сурет. Радиограмма

Ескерту – «Астананың Оңтүстік-Шығыс айналма жолы» зерттелетін учаскесінің жылжымалы зертханасының деректері



Радиограммада (8-сурет) тұтас қоңырау соғатын аймақтар бар, бұл антенна блогы аспасының құрылымымен байланысты болуы мүмкін.

Заманауи технологиялар құрылыстағы бақылауды айтарлықтай жеңілдетеді. Revit типті геодезиялық құралдар мен бағдарламаларды пайдалану аса жоғары дәлдік үшін цифрлық жобаны нақты объектімен (сканерлеу арқылы) салыстыруға мүмкіндік береді.

Георадарлар жол саласында кеңінен қолданылды. Олармен жабынның сапасын тексереді, топырақтың қатуы мен ылғалдылығын зерттейді, іргетастарды бағалайды және эрозиямен күреседі. Жолдар мен басқа да желілік нысандарды цифрлау үшін ГАЗ мүмкіндіктерін жеке атап өткен жөн.

НӘТИЖЕЛЕРДІ ТАЛҚЫЛАУ

Мобильдік топографиялық кешендерді пайдалана отырып, BIM-технологиялар қағидаттарында жұмыс істейтін жоғарыда келтірілген геодезиялық аспаптар дәлдігі жоғары деректердің едәуір массивтерін жинауды және сақтауды жүзеге асыруға және оларды жол саласының желілік объектілеріне қолдануға мүмкіндік береді.

Көлік саласы объектісінің құрылысын ұйымдастыру мақсатында BIM-технологияларды енгізу барлық өндірістік процестерді реттеу міндетін шешеді. Бұдан басқа, мұндай интеграция жобаларды басқарудың ақпараттық процестерін бірыңғай жүйеге біріктіруге, операторлардың географиялық жағдайына қарамастан ақпаратқа қол жеткізуді қамтамасыз етуге, негізгі құжаттаманы (өндірістік жоспарларды, ведомостарды, ерекшеліктерді, кестелік есептер мен кестелерді қоса алғанда) автоматтандырылған түрде әзірлеуді оңайлатуға және дерекқордың бағдарламалық өніміне енгізілген қажетті техникалық ерекшеліктерді іздеу үшін қажетті уақытты барынша азайтуға мүмкіндік береді. (И.А. Усов, 2024)

BIM технологияларын қолдану жобалау кезеңінде қателерді түзетуді жеңілдетеді, ахуалдық өзгерістерге жедел ден қоюға, нақты уақытта өзгерістер енгізуге мүмкіндік береді және тиісінше, объектінің құрылысына байланысты қаржылық шығындарды азайтады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Көлік саласы объектісінің құрылысын ұйымдастыру мақсатында BIM-технологияларды енгізу барлық өндірістік процестерді реттеу міндетін шешеді. Бұдан басқа, ол операторлардың орналасқан жеріне қарамастан ақпаратқа қол жеткізе отырып, жобаларды басқарудың ақпараттық процестерін бірыңғай жүйеге ықпалдастыруға мүмкіндік береді.

Арнайы бағдарламалар (BIM) өздері қажетті құжаттар мен жоспарларды дайындайды, сондай-ақ барлық техникалық деректерді бір жерде сақтайды, бұл оларды ұзақ іздестіруден құтқарады. Бұл жобадағы қателіктерді болдырмауға, қажет болған жағдайда сызбаларды тез өзгертуге және жалпы құрылыста ақшаны үнемдеуге көмектеседі.

Осы зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, авторлар BIM-технологиялар бағдарламаларын пайдаланудың мынадай артықшылықтарын атап өтті:

- объектілерді жобалауға арналған шығындарды едәуір төмендету;
- құрылыс процесін ұйымдастырудың жоғары деңгейі;
- нақты уақытта жобалаушылар мен робот өндірушілер арасындағы ынтымақтастық;
- құрылыстың неғұрлым тиімді әдіснамаларын әзірлеу;
- объектілерді жобалау қарқынын арттыру;
- объектіні салу процесін жеделдету;



- жобалау кезінде де, құрылыстағы да қателерді жою;
- қабылданатын жобалық шешімдердің сапасын арттыру;
- жобалық құжаттаманы оңтайландыру;
- күтпеген материалдық шығындарды қысқарту.

Ұзындығы 34 км асатын Астана қаласының Оңтүстік-Батыс айналма жолындағы жол төсемінің конструкциялық қабаттарын тексеру кезінде георадардың деректері бойынша нәтижелер алынды және өңделді (8-сурет, 2-кесте), бұл техникалық мүмкіндіктермен байланысты пайдаланылатын антенналық блок АБ-1000Р радарограммалардың дұрыс түсіндірілмегенін көрсетеді. Радиограммада (8-сурет) тұтас қоңырау соғатын аймақтар бар, бұл антенна блогы аспасының құрылымымен байланысты болуы мүмкін. Бірақ объект бойынша орындалған жұмыстардың тиісті сапасын да көрсете алады. Біздің ойымызша, тиісті сапаны арақашықтық еселігін, құрғақ ауа райында және мінсіз таза жол төсемінде бойлық түсірілім жүргізуді атауға болатын шарттар сақталған жағдайда толық көлемде қамтамасыз етуге болады. Бұл ретте, георадардың көмегімен жұмыстарды орындаудың дәлдігі мен тиімділігіне қарамастан, геологиялық дайындықты орындау талап етіледі, сондай-ақ қорытынды нәтижелер міндетті түрде нивелирлердің немесе тахеометрлердің көмегімен геодезиялық әдістермен бақылануы тиіс.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ: Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ: жоқ;

АЛҒЫС: «ЖАҰСО» ШЖҚ РМК жабдықтарды ұсынғаны үшін

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ ТУРАЛЫ ХАБАРЛАМА: жоқ.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Amin, K., Mills, G., & Wilson, D. (2023). Key functions in BIM-based AR platforms. *Automation in Construction*, 150, 104816. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104816>
- Воропаев, Л.Ю., & Мамутина, В.П. (2018). Проблемы проектирования в BIM-среде. *Жилищное строительство*, 7, 27–31. // Voropaev, L. Yu., & Mamugina, V.P. (2018). Problemy proektirovaniya v BIM-srede [Problems of design in the BIM environment]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*, 7, 27–31. (In Russ.)
- Попов, А.Р., Попов, Р.А., & Савенко, А. А. (2019). Перспективы моделирования экономико-технологических процессов в строительном комплексе на основе BIM-технологий. *Экономика устойчивого развития*, 3(39), 239–243. // Popov, A.R., Popov, R.A., & Savenko, A.A. (2019). Perspektivy modelirovaniya ekonomiko-tekhnologicheskikh protsessov v stroitel'nom komplekse na osnove BIM-tekhnologii [Prospects for modeling economic-technological processes in the construction sector based on BIM technologies]. *Ekonomika ustoychivogo razvitiya*, 3(39), 239–243. (In Russ.)
- Charef, R., Alaka, H., & Emmitt, S. (2018). Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views. *Journal of Building Engineering*, 18, 242–257. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.04.028>
- Куприяновский, В.П., Синягин, С.А., & Добрынин, А.П. (2016). BIM – цифровая экономика. Как достигли успеха. Практический подход к теоретической концепции. Часть 1. *International Journal of Open Information Technologies*, 4(3). // Kupriyanovskiy, V.P., Sinyagin, S.A., & Dobrynin, A.P. (2016). BIM – tsifrovaya ekonomika. Kak dostigli uspekha. Prakticheskiy podkhod k teoreticheskoy kontseptsii. Chast' 1 [BIM – digital economy. How success was achieved. A practical approach to a theoretical concept. Part 1]. *International Journal of Open Information Technologies*, 4(3). (In Russ.)



- Добрынин, П.А. (2016). Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий. *International Journal of Open Information Technologies*, 4(1), 11. // Dobrynin, P.A. (2016). Tsifrovaya ekonomika – razlichnye puti k effektivnomu primeneniyu tekhnologiy [Digital economy – alternative ways to efficiently apply technologies]. *International Journal of Open Information Technologies*, 4(1), 11. (In Russ.)
- Пакидов, О.И. (2014). Основы BIM: Информационное моделирование для строителей. Набережные Челны. // Pakidov, O.I. (2014). *Osnovy BIM: Informatsionnoe modelirovanie dlya stroiteley* [Fundamentals of BIM: Information modeling for builders]. Naberezhnye Chelny. (In Russ.)
- Зайд, Т., Дауд, Т., Абухамад, М., Альшаркави, М. (2022). Специальный выпуск «Применение георадара (GPR) в системах гражданской инфраструктуры» // Zaid, T., Daud, T., Abouhamad, M., & Alsharqawi, M. Spetsial'nyi vypusk "Primenenie georadara (GPR) v sistemakh grazhdanskoi infrastruktury" [Special Issue "Ground Penetrating Radar (GPR) Applications in Civil Infrastructure Systems"] // *Remote Sensing*. – 2022. – Vol. 14(22). – Art. 5682. <https://doi.org/10.3390/rs14225682> (In Russ.)
- Tankeu, T. T., Baltazart, V., Wang, Y., & Guilbert, D. (2021). PUMA applied to time delay estimation for processing GPR data over debonded pavement structures. *Remote Sensing*, 13(17), 3456. <https://doi.org/10.3390/rs13173456>
- Zayed, T., Dawood, T., Abouhamad, M., & Alsharqawi, M. (2022). Ground Penetrating Radar (GPR) Applications in Civil Infrastructure Systems. *Remote Sensing*, 14, 5682. <https://doi.org/10.3390/rs14225682>
- Алексеев, М.Д., Галахов, В.П., & Глейзер, В.И. (2020). Роль геодезических средств измерений в BIM-технологии. *Геопрофи*, 6, 27–30. // Alekseev, M. D., Galakhov, V.P., & Gleyzer, V. I. (2020). Rol' geodezicheskikh sredstv izmereniy v BIM-tekhnologii [Role of geodetic measurement tools in BIM technology]. *Geoprofi*, 6, 27–30. (In Russ.)
- Замотайлов, О.В. (2012). Разработка метода восстановления изображения со специализированных приборов (Дисс. канд. техн. наук). Моск. техн. ун-т связи и информатики. // Zamotailov, O.V. (2012). *Razrabotka metoda vosstanovleniya izobrazheniya so spetsializirovannykh priborov* [Development of an image reconstruction method from specialized devices] (PhD dissertation). Moscow Technical University of Communications and Informatics. (In Russ.)
- Фонтокина, В.А., Савенко, А.А., & Самарский, Е. Д. (2022). Роль BIM-технологий в организации и технологии строительства. *Вестник евразийской науки*, 14(1). <https://esj.today/PDF/06ECVN122.pdf> // Fontokina, V. A., Savenko, A. A., & Samarskiy, E. D. (2022). Rol' BIM-tekhnologiy v organizatsii i tekhnologii stroitel'stva [Role of BIM technologies in construction organization and technology]. *Vestnik evraziyskoy nauki*, 14(1). (In Russ.)
- Усов, И.А., & Туров, А.И. (2024). Применение BIM-технологий в строительной отрасли. *Наукосфера*, 5-1, 356–359. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11142287> // Usov, I.A., & Turov, A.I. (2024). *Primenenie BIM-tekhnologiy v stroitel'noy otrasli* [Application of BIM technologies in the construction industry]. *Naukosfera*, 5-1, 356–359. (In Russ.)
- Bárta, L., Bureš, J., & Švábenský, O. (2021). Geodetic monitoring of bridge structures in operation. In *Contributions to International Conferences on Engineering Surveying*, 198–210. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51953-7_17
- Boyarchuk, M., Zhurkin, I., Nepoklonov, V., & Orlov, P.Y. (2022). Geoinformational technologies analysis for studying the visualization of the Earth's surface vertical and horizontal deformations. *Geodesy and Cartography (Lithuania)*, 988(10), 53–61. <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2022-988-10-53-61>
- Cefalo, R., Grandi, G., Roberti, R., & Sluga, T. (2017). Extraction of road geometric parameters



from high-resolution remote sensing images validated by GNSS/INS geodetic techniques. In ICCSA 2017 Proceedings, 181–195. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62401-3_14

Mill, T., Ellmann, A., Kiisa, M., Idnurm, J., Idnurm, S., Horemuz, M., & Aavik, A. (2015). Geodetic monitoring of bridge deformations occurring during static load testing. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 10(1), 17–27. <https://doi.org/10.3846/bjrbe.2015.03>

Prokhorov, A., & Medvedev, A. (2022). Operational mapping of moving objects using the ICARUS satellite telemetry system. *Geodesy and Cartography*, 987(9), 47–56. <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2022-987-9-47-56>

Авторлар туралы мәліметтер Информация об авторах Information about authors



Алпыспаева Жулдыз Аскаровна – техника ғылымдарының магистрі, М. Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы қ., Қазақстан

Алпыспаева Жулдыз Аскаровна – магистр технических наук, Казахская академия транспорта и коммуникации имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

Alpyspaeva Zhuldyz Askarovna – Master of Technical Sciences, Kazakh Academy of Transport and Communications named after Mukhamedzhan Tynyshpaev, Almaty, Republic of Kazakhstan
e-mail: Zhuldyz_91-91@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4869-5778>,



Толубекова Жанат Зекеновна – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан

Толубекова Жанат Зекеновна – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Казахстан

Toleubekova Zhanat Zekenovna – Candidate of technical sciences, associate Professor, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan
e-mail: jtoleubekova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6196-4821>



Макенова Сауле – PhD, қауымдастырылған профессор, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., Қазақстан

Макенова Сауле – PhD, ассоциированный профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Казахстан

Makenova Saule – PhD, associate Professor Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan
e-mail: Saule_makenova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0136-3757>

