

ӨОЖ 622.24.05

ФТАХР 55.33.37

DOI: [10.54859/kjogi108922](https://doi.org/10.54859/kjogi108922)

Қабылданды: 29.09.2025.

Мақұлданды: 27.11.2025.

Жарияланды: 31.12.2025.

Түпнұсқа зерттеу

Бұрғылау жабдықтарын беткейлерде тасымалдаудың жылдамдық режимдерін талдау

Ш.М. Медетов, Р.К. Салпакаева, Г.Р. Айманова, А.Т. Дюсенов,

А.Ж. Куанышкалиева, Г.Р. Қарасаева

С. Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Атырау қаласы, Қазақстан

АННОТАЦИЯ

Негіздеу. Бұрғылау жабдықтарын жоталы-бүктелген аудандардағы беткейлерде тасымалдау үлкен массалардың, көлбеулердің және тірек беттері арасындағы ауыспалы үйкеліс коэффициенттерінің үйлесуіне байланысты апаттылықтың жоғарылауымен және техниканың тозуымен бірге жүреді. Бұл ретте жобалау және пайдалану құжаттамасында, әдетте, іліністің нақты жағдайларын және трасса бейінінің өзгеруін ескермей, жолдың рұқсат етілген шекті жылдамдығы ғана беріледі. Бұл жылдамдықтың төмендеуіне (тасымалдау өнімділігінің төмендеуіне) немесе оның мәндерінің жоғарылауына (тежегіш жүйелерінің сырғанау, аударылу және істен шығу қаупінің жоғарылауына) әкеледі. Сондықтан, еңіс бұрышын және тірек беттері арасындағы үйкеліс коэффициентін ескере отырып, бұрғылау жабдықтарын тасымалдаудың қауіпсіз жылдамдық режимдерін ғылыми негізделген талдау қажет.

Мақсаты. Жер бедерінің еңістерін және тірек беттері арасындағы үйкеліс коэффициентін ескере отырып, бұрғылау жабдықтарын көлбеу бойынша тасымалдаудың жылдамдық режимдерін таңдау және оңтайландыру бойынша ғылыми негізделген ұсынымдар әзірлеу.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу объектісі ретінде топырақ, қар және мұзды беткейлерде пайдаланылатын жүгірушілерде (шаналарда, сырғанақтарда) бұрғылау жабдықтарын тасымалдау жүйелері қарастырылады. Күрделі табиғи жағдайларда тасымалдау қауіпсіздігін реттейтін нормативтік құжаттар мен стандарттарды талдау. Қозғалыс мөлшерінің өзгеруі туралы теореманы білдіретін теңдеулер, сондай-ақ көлбеу қозғалыс динамикасын сипаттайтын дифференциалдық теңдеулерді құрастыру. Бұл теңдеулер көлбеу бұрышы және тірек беттері арасындағы үйкеліс коэффициенті сияқты параметрлерді ескереді. Дифференциалдық теңдеулерді құрастырғаннан кейін бұрғылау жабдықтарының траекториясы мен қозғалыс жылдамдығын сипаттайтын аналитикалық және сандық шешімдерді алу үшін оларды интегралдау. Алынған мәліметтер негізінде бұрғылау жабдықтарының беткейлердегі қозғалыс жылдамдығын анықтау.

Нәтижелері. Жүргізілген зерттеулерді талдау негізінде жылдамдықтың айтарлықтай төмендеуі байқалатын сыни көтерілу бұрыштары, сондай-ақ тиімді тежеуді қолдануды талап ететін түсу режимдері анықталды. Қауіпсіз қозғалыс жылдамдығы көтерілу кезінде 3–4 м/с және түсу кезінде 2–2,5 м/с аспауы керек екендігі анықталды.

Қорытынды. Есептеулер мен модельдеу көрсеткендей, беткейдің көлбеулігі жоғарылауымен динамикалық жүктемелер, сондай-ақ тарту қондырғысының қуаты мен тежегіш жүйесінің тиімділігіне қойылатын талаптар айтарлықтай артады. Өзірленген практикалық ұсыныстар бұрғылау жабдықтарын біркелкі емес рельеф бойынша тасымалдаудың қауіпсіздігі мен сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері маршруттарды жобалау, тасымалдаудың техникалық құралдарын таңдау және таулы жерлерде бұрғылау жабдықтарын пайдалану ережелерін әзірлеу кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Негізгі сөздер: бұрғылау жабдықтары, тасымалдау, таулы жер, қозғалыс жылдамдығы, математикалық модель.

Дәйексөз келтіру үшін:

Медетов Ш.М., Салпакаева Р.К., Айманова Г.Р., және б. Бұрғылау жабдықтарын беткейлерде тасымалдаудың жылдамдық режимдерін талдау // Қазақстанның мұнай-газ саласының хабаршысы. 2025. 7 том, №4. 47–58 б. DOI: [10.54859/kjogi108922](https://doi.org/10.54859/kjogi108922).

UDC 622.24.05
CSCSTI 55.33.37

DOI: [10.54859/kjogi108922](https://doi.org/10.54859/kjogi108922)

Received: 29.09.2025.

Accepted: 27.11.2025.

Published: 31.12.2025.

Original article

Analysis of Operating Speed Regimes for Transporting Drilling Equipment on Sloped Terrain

Shokan M. Medetov, Raushan K. Salpakayeva, Gulmira R. Aimanova,
Aslan T. Dyussenov, Ainur Zh. Kuanyshkaliyeva, Gulraushan R. Karasayeva
Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebaev, Atyrau, Kazakhstan

ABSTRACT

Background: Transportation of drilling equipment on sloped terrain in ridge-and-fold terrain is associated with increased accident rates and accelerated equipment wear. This is driven by the combined influence of heavy loads, steep slope gradients, and variable friction coefficients between the bearing surfaces (sleds or runners). In most design and operational documents, only the maximum permissible operating speeds are specified, without considering actual traction conditions or variations in the route profile. As a result, the selected speed may be underestimated—reducing transportation efficiency—or overestimated, which increases the risk of skidding, overturning, and braking system failures. For this reason, a scientifically justified assessment of safe speed regimes is required, taking into account the slope angle and the friction coefficient between the bearing surfaces.

Aim: To develop scientifically substantiated recommendations for selecting and optimizing the speed regimes used for transporting drilling equipment on sloped terrain.

Materials and methods: The study examines transportation systems that move drilling equipment on sleds or runners across soil, snow-covered, and icy slopes. The analysis includes a review of regulatory documents and standards governing transportation safety under challenging environmental conditions. To model the motion, the study employs equations derived from the theorem of momentum change, along with differential equations describing the dynamics of movement on an inclined plane. These equations incorporate key parameters such as slope angle and the coefficient of friction between the bearing surfaces. After formulating the differential equations, they are integrated to obtain analytical and numerical solutions that describe the equipment's trajectory and velocity. The resulting data are then used to determine the safe operating speeds for drilling equipment on sloped terrain.

Results: The analysis identified critical ascent angles at which a substantial reduction in speed occurs, as well as descent conditions that necessitate effective braking. The study determined that safe operating speeds should not exceed 3–4 m/s when ascending and 2–2.5 m/s when descending.

Conclusion: The proposed practical recommendations improve the safety and reliability of drilling equipment transportation across uneven terrain. The findings can be applied in route planning, selecting appropriate transportation technologies, and in developing operational guidelines for drilling equipment used in mountainous environments.

Keywords: *drilling equipment; transportation; sloped terrain; operating speed; mathematical model.*

To cite this article:

Medetov SM, Salpakayeva RK, Aimanova GR, et al. Analysis of Operating Speed Regimes for Transporting Drilling Equipment on Sloped Terrain. *Kazakhstan journal for oil & gas industry*. 2025;7(4):47–58. DOI: [10.54859/kjogi108922](https://doi.org/10.54859/kjogi108922).

УДК 622.24.05
МРНТИ 55.33.37

DOI: [10.54859/kjogi108922](https://doi.org/10.54859/kjogi108922)

Получена: 29.09.2025.

Одобрена: 27.11.2025.

Опубликована: 31.12.2025.

Оригинальное исследование

Анализ скоростных режимов транспортировки бурового оборудования по склонам

Ш.М. Медетов, Р.К. Салпакаева, Г.Р. Айманова, А.Т. Дюсенов,

А.Ж. Куанышкалиева, Г.Р. Карасаева

Атырауский университет нефти и газа имени Сафи Утебаева, г. Атырау, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Транспортировка бурового оборудования по склонам в хребто-складчатых районах сопровождается повышенной аварийностью и износом техники из-за сочетания больших масс, уклонов и переменных коэффициентов трения между опорными поверхностями (салазками или санями (полосьями)). При этом в проектной и эксплуатационной документации, как правило, задаются только предельные допустимые скорости движения без учёта реальных условий сцепления и изменения профиля трассы. Это приводит либо к занижению скорости (снижению производительности перевозок), либо к завышению её значений (росту риска заноса, опрокидывания и отказов тормозных систем). Поэтому требуется научно обоснованный анализ безопасных скоростных режимов транспортировки бурового оборудования с учётом угла наклона склона и коэффициента трения между опорными поверхностями.

Цель. Разработка научно обоснованных рекомендаций по выбору и оптимизации скоростных режимов транспортировки бурового оборудования по склонам.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования рассматриваются системы транспортировки бурового оборудования на полосьях (санях, салазках), используемых по грунтовым, снежным и обледенелым склонам. Приводится анализ нормативных документов и стандартов, регулирующих безопасность перевозок в сложных природных условиях. Применены уравнения, выражающие теорему об изменении количества движения, а также дифференциальные уравнения, описывающие динамику наклонного движения. Эти уравнения учитывают такие параметры, как угол наклона склона и коэффициент трения между опорными поверхностями. После составления дифференциальных уравнений осуществлено проведение их интегрирования для получения аналитических и численных решений, характеризующих траекторию и скорость движения бурового оборудования. На основании полученных данных выполнено определение скорости движения бурового оборудования по склонам.

Результаты. На основе анализа проведённых исследований были определены критические углы подъёма, при которых наблюдается значительное снижение скорости, а также режимы спуска, требующие применения эффективного торможения. Установлено, что безопасная скорость движения не должна превышать 3–4 м/с при подъёме и 2–2,5 м/с при спуске.

Заключение. Разработанные практические рекомендации позволяют повысить безопасность и надёжность транспортировки бурового оборудования по неровной местности. Результаты исследований могут быть использованы при проектировании маршрутов, выборе технических средств транспортировки и разработке правил эксплуатации бурового оборудования в горной местности.

Ключевые слова: буровое оборудование, транспортировка, холмистая местность, скорость движения, математическая модель.

Как цитировать:

Медетов Ш.М., Салпакаева Р.К., Айманова Г.Р., и др. Анализ скоростных режимов транспортировки бурового оборудования по склонам // Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана. 2025. Том 7, №4. С. 47–58. DOI: [10.54859/kjogi108922](https://doi.org/10.54859/kjogi108922).

Кіріспе

Мұнай-газ саласы мемлекеттік бюджет кірістерінің негізгі көзі және елдің экономикалық өсуінің драйвері бола отырып, Қазақстан экономикасында шешуші орын алады. Теңіз, Қашаған және Қарашығанақ сияқты кен орындарында шоғырланған мұнай мен газдың бай қорлары Қазақстанға әлемдегі жетекші көмірсутек өндірушілердің бірі мәртебесін қамтамасыз етеді [1].

Мұнай мен газ экспорты елдің сыртқы сауда балансының едәуір бөлігін құрайды, шетелдік инвестицияларды тартады және инфрақұрылымды дамытады. Мұнай-газ секторы халықтың көп бөлігі үшін жұмыс орындарын тек тікелей ғана емес, сонымен қатар тасымалдау, қайта өңдеу, машина жасау және қызмет көрсету сияқты аралас салалар арқылы да қамтамасыз етеді [2].

Мұнай мен газды барлау мен өндірудің заманауи шарттары бұрғылау қондырғыларының әртүрлі бұрғылау нүктелері арасында жиі қозғалуын талап етеді. Қазақстанның Маңғыстау облысы сияқты бірқатар өңірлерде рельеф төбелермен және кедір-бұдырлармен сипатталады, бұл ауыр техниканы тасымалдауды қиындатады. Мұндай жағдайларда қозғалыс кезінде бұрғылау жабдықтарының қауіпсіздігін, орнықтылығын және сақталуын қамтамасыз етуге қойылатын талаптар артады.

Жылдамдық пен жүктеме режимдерінің өзгеруін туғызатын көтерілу мен түсу ерекше қиындық тудырады. Егер жылдамдық немесе қозғалыс траекториясы дұрыс таңдалмаса, апатты жағдайлар қаупі: жабдықтың аударылуы, жүріс бөлігінің шамадан тыс жүктелуі немесе жеке тораптардың істен шығуы артады.

Зерттеудің өзектілігі таулы жерлерде бұрғылау жабдықтарын тасымалдау бойынша ғылыми негізделген ұсыныстарды әзірлеу қажеттілігінен туындады. Бұл мәселені шешу негізгі күштердің (тарту, қарсылық және ауырлық күштері) әсерін, сондай-ақ әртүрлі көлбеу бұрыштардағы динамиканы талдауды ескеретін қозғалыстың математикалық моделін құруды талап етеді.

Мақсатқа жету үшін мақалада келесі міндеттер шешіледі:

- ауыр техниканы біркелкі емес рельеф бойынша тасымалдауды зерттеудің қолданыстағы тәсілдерін талдау;
- көтерілу және түсу кезінде бұрғылау жабдықтарының қозғалысының математикалық моделін жасау;
- жылдамдық сипаттамаларын есептеуді орындаңыз;
- таулы жерлерде бұрғылау жабдықтарын қауіпсіз тасымалдау және пайдалану бойынша ұсыныстар беру.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Әртүрлі тік беткейлерде тасымалдау кезінде бұрғылау жабдықтарының қозғалысын зерттеу, рұқсат етілген жылдамдықтар мен орнықтылық

жағдайларын анықтау үшін таулы және беткейлі аймақтарда ауыр жабдықтарды тасымалдау мәселелеріне арналған оқу және ғылыми дереккөздерде ұсынылған қолданыстағы ғылыми және инженерлік шешімдерге талдау жасалды. Беткейлердегі қозғалыс динамикасын қарастыратын жұмыстарға ерекше назар аударылды. Сондай-ақ күрделі табиғи жағдайларда тасымалдау қауіпсіздігін реттейтін нормативтік құжаттар мен стандарттар талданды. Бұрғылау жабдықтарының жылдамдық режимдерін анықтау үшін қозғалыс мөлшерінің өзгеруі туралы теореманы білдіретін теңдеу жасалды, сонымен қатар олардың көлбеу қозғалысының динамикасын сипаттайтын дифференциалдық теңдеу құрылды. Теңдеу беттің көлбеу бұрышы және үйкеліс коэффициенті сияқты параметрлерді ескереді. Дифференциалдық теңдеуді құрастырғаннан кейін бұрғылау жабдықтарының траекториясы мен қозғалыс жылдамдығын сипаттайтын аналитикалық және сандық шешімдерді алу үшін оны интегралдау жүргізілді. Алынған мәліметтер негізінде бұрғылау жабдығының беткейлерде қауіпсіз қозғалу жылдамдығын анықтауға болады.

Мұнай және газ ұңғымаларын бұрғылау көмірсутектерді өндіру үрдісінің негізгі кезеңі болып табылады және мұнай-газ саласының жұмысында іргелі рөл атқарады. Бұл үрдіс мұнай мен газдың жер асты кен орындарына қол жеткізуді қамтамасыз етеді, бұл отын, химиялық өнім және басқа да өндірістік материалдарды өндіруге негіз болатын табиғи ресурстарды алуға мүмкіндік береді. Мұнай және газ ұңғымаларын бұрғылау үшін бұрғылау жабдықтары қолданылады [3, 4].

Сондай-ақ, Маңғыстау облысында мұнай мен газдың орасан зор қоры шоғырланған. Облыс аумағында пайдалы қазбалардың бай кен орындары орналасқан. Минералды шикізат қорлары олардың алуан түрлілігіне, кен орындарының қуаттылығына, оларды игерудің ыңғайлылығына байланысты бірегей және әлемдік геологияда іс жүзінде теңдесі жоқ. Пайдалы қазбалардың негізгі түрлері-мұнай және сұйытылған мұнай газы. Кен орындарының көпшілігі Жаңа өзен ауданында және Бозащы түбегінде шоғырланған. Маңғыстау облысының аумағында 59 мұнай және газ кен орны барланды, оның ішінде: Ақсаз, Ақтоты, Арыстановское бар. Облыс бойынша барланған мұнай қоры 3 млрд т-дан асады. Сонымен қатар, облыс жағалауында Каспий теңізінің қайраңында мұнайдың ірі қорлары табылуы болжануда [5].

Қазақстан Республикасы Үкіметінің бұрғылау жұмыстарының көлемін ұлғайту жөніндегі бұрғылаушылардың алдына қойған міндеттерін орындау үшін мұнай және газ ұңғымаларын бұрғылау тек жазық жерлерде ғана емес, сонымен қатар таулы жерлерде де жүргізіледі. Таулы рельеф жер бетінің толқынды сипатымен сипатталады, абсолютті биіктігі 500 м-ге дейін, салыстырмалы биіктігі 25–200 м-ден асатын және көлбеулігі 2–3° басым болатын төбелерді құрайды. Төбелер,

әдетте, қатты жыныстардан тұрады, олардың шыңдары мен беткейлері борпылдақ жыныстардың қалың қабатымен жабылған. Төбелер арасындағы ойпаттар кең, тегіс немесе тұйық бассейндер болып табылады. Маңғыстау облысы осындай рельефке ие.

Маңғыстау облысы шынымен де бірегей рельефке ие-бұл жазық аумақтардың таулы және тіпті жартасты жерлермен үйлесуі. Үстірт үстірті мен Бозыр шатқалы сияқты аудандар ерекше көзге түседі, олар тік беткейлер мен жартастармен сипатталады. Бұл жер бедерінің ерекшеліктері бұрғылау және жабдықты және тасымалдау кезінде қосымша қиындықтар туғызады, соның ішінде беткейлердегі апаттар қаупі артады. Бұл факторлар ауыр жабдықты тасымалдау үрдісін баяулатып қана қоймай, сонымен қатар персоналдың қауіпсіздігі мен техниканың тұтастығына қауіп төндіруі мүмкін.

Таулы жерлерде, мысалы, Қазақстанның Маңғыстау облысының аудандарында, геологиялық тәуекелдерді бағалауды, нығайту іс-шараларын әзірлеуді және қиын жағдайларда жұмыс істеуге қабілетті мамандандырылған техниканы пайдалануды қамтитын маршруттарды мұқият дайындау талап етіледі [5].

Ұңғыманы бұрғылау аяқталғаннан кейін бұрғылау жабдығы басқа бұрғылау нүктесіне тасымалданады. Бұрғылау жабдықтарын бір бұрғылау нүктесінен екіншісіне тасымалдау-бұл мұқият дайындық пен үйлестіруді қажет ететін күрделі процесс. Бұрғылау жабдығының конструктивтік ерекшеліктеріне, массасы мен мөлшеріне, берілген қашықтығы мен мерзімдеріне, жолдардың жай-күйіне және басқа да жағдайларға байланысты тасымалдау өз жүрісімен, сүйреткішпен, жүк автомобилімен, ауыр жүк тіркемесімен, теміржол, су және әуе көлігімен жүргізілуі мүмкін.

Бұрғылау қондырғыларын шамамен тасымалдау қондырғыларды қар, мұз немесе батпақты жерлер сияқты қиын жерлерде жылжытудың тиімді әдісі болып табылады. Ол үшін жабдық орнатылған арнайы шаналар қолданылады.

Негізгі ерекшеліктері:

- шаналарды пайдалану: шаналар бұрғылау қондырғысы орнатылған арнайы платформа ретінде қызмет етеді. Бұл оны кәдімгі доңғалақ немесе шынжыр табанды машиналар жүре алмайтын беттерде жылжытуға мүмкіндік береді;
- жылжыту әдістері: шанаға орнатылғаннан кейін бұрғылау қондырғысын трактормен немесе жолдан тыс жерде жұмыс істеуге арналған басқа да қуатты көліктермен жылжытуға болады;
- артықшылықтары: тасымалдаудың бұл әдісі әсіресе солтүстік немесе басқа төмен температуралы аймақтарда пайдалы, мұнда шананы пайдалану функционалдылықты сақтауға және күрделі беттерде дөңгелектерде немесе жолдарда сүйрету кезінде пайда болатын жабдықтың зақымдалуын болдырмауға мүмкіндік береді.

Әрбір нақты жағдайда бұрғылау жабдығын тасымалдау әдісін таңдау кезінде техникалық-

экономикалық негіздеме жасалады, онда оның нысанға келуінің қажетті уақыты, әртүрлі көлік түрлерімен тасымалдау құны, қолданыстық көлік желілерінің жағдайы мен ерекшелігі, тоқтап қалудан болатын шығындар және басқа да бірқатар факторлар ескеріледі.

Бұрғылау жабдықтарын өз жүрісімен жылжыту автомобиль ресурстарының айтарлықтай шығындарымен байланысты, сондықтан автомобильдерден басқа қашықтық шектеулі. Қозғалыс басталғанға дейін қауіпсіздік жұмыстарының циклі орындалады. Бұл жұмыстардың тізімі машинаның түріне байланысты. Шынжыр табанды машиналар жалпы мақсаттағы жолдардан тыс жерде 15 км қашықтыққа алып тастау тәртібімен ғана өз жүрісімен жүре алады. Оларды ұзақ қашықтыққа тасымалдау кезінде жүк машиналары мен ауыр жүк тіркемелері қолданылады.

Тек жарамды машиналарды өз жүрісімен тасымалдауға рұқсат етіледі, сондықтан ақауларды жою және жүріс жабдықтары мен басқару органдарының құрастыру бірліктерін майлауды орындау мақсатында оларға кезектен тыс техникалық қызмет көрсету алдын-ала жүргізіледі. Тежегіштермен жабдықталмаған тіркеме машиналарын тек қатты ілінісу (сүйреу) арқылы тасымалдауға болады.

Ауыр жүк тіркемелерінде жабдықты тасымалдау кезінде тік түсулерде қосымша тежеуді жүзеге асыратын және тік көтерілулерде сүйрету кезінде көмек көрсететін екінші автомобильді пайдалану қажет. Көктайғақ кезінде және басқа да қолайсыз жол жағдайларында жабдықтарды сүйреткішпен және ауыр жүк таситын тіркемелермен тасымалдауға тыйым салынады. Суға батырылған жабдықты тежегішпен бекітіледі және шектеу арқалықтары, сыналар, аралықтар, созылу белгілері және болат сым арқылы сенімді бекітіледі. Сүйрегіш маркасын таңдағанда рельеф, жолдардың жағдайы және т.б. ескеріледі [6–15].

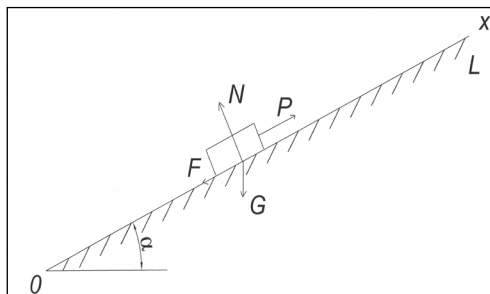
Бұл мәселенің өзектілігі бұрғылау жұмыстарының үздіксіздігін қамтамасыз ету және жабдықты тасымалдаудың кешігуіне байланысты тоқтап қалуды азайту қажеттілігімен байланысты. Сонымен қатар, тасымалдауды сауатты ұйымдастыру техниканы жөндеуге және беткейлерге түсу және көтерілу кезінде жылдамдық режимдерін дұрыс таңдамаудан туындаған апаттық жағдайлардың салдарын жоюға байланысты шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.

Осылайша, тұрақсыз рельеф жағдайында бұрғылау жабдықтарын тасымалдаудың тиімді әдістері мен стратегияларын әзірлеу, төбеден түсу және төбеге көтерілу кезінде оңтайлы жылдамдық режимдерін таңдау мұнай-газ саласындағы табысты жұмыстың маңызды құрамдас бөлігі болып табылады.

Таулы жерлерде қозғалыстың оңтайлы жылдамдық режимдерін анықтау үшін қозғалыс мөлшерінің өзгеруі туралы теореманы қолдануға болады, ол белгілі бір уақыт аралығында жүйенің қозғалыс мөлшерінің (импульсінің) өзгеруі сол

уақыт аралығында жүйеге әсер ететін сыртқы күштердің импульсіне тең болады деп тұжырымдайды. Бұл дегеніміз, егер сыртқы күштердің қосындысы нөлге тең болса (жүйе оқшауланған), онда жүйенің қозғалыс мөлшері сақталады. Теорема материалдық нүктеге де, механикалық жүйеге де қолданылады.

Мұны келесі мысалда көрсетейік. Массасы m бұрғылау жабдығына көкжиекпен α бұрышын құрайтын көлбеу жазықтыққа (төбенің бөлігі) бағытталған v_0 бастапқы жылдамдығы берілсін.



1-сурет. Бұрғылау жабдығының беткейлердегі қозғалысының математикалық моделі
Figure 1. Mathematical model of drilling equipment motion on slopes

Қолайлы нәтиже алу үшін бұрғылау жабдығына және бұрғылау жабдықтарының массасына әсер ететін күштер шамаларының мәндерін төмендетеміз. Бұл тәсіл алынған нәтижелердің дұрыстығын төмендетпейді, өйткені осы шамаларды өлшейтін нақты құралдардың көмегімен оларды тиісті формулаларға қоюға болады.

Берілгені: $m=35$ кг; $v_0=5,4$ м/с; $t_1=4$ с; $t_2=10$ с; $t_3=18$ с; $P_0=100$ Н; $P_1=200$ Н; $P_2=150$ Н; $P_3=250$ Н; $\alpha=25$ град; $f=0,1$.

Үйкеліс коэффициенті материалға және беттердің күйіне, сондай-ақ температура, ылғалдылық, майлау және жылдамдық сияқты өзара әрекеттесу жағдайларына байланысты. Коэффициентті таңдау үшін анықтамалық мәліметтерге немесе эксперименттік өлшемдерге сүйене отырып, материалдардың түрін, олардың кедір-бұдырлығын, майлаудың болуын және басқа факторларды ескеру қажет. Осы мақалада ең келеңсіз ауа-райындағы жер бетінің жағдайына, яғни, мұзды, қарлы кездердегі үйкеліс коэффициентін таңдап аламыз. Мұзды жердегі болаттың үйкеліс коэффициенті жағдайларға байланысты 0,05-тен 0,15-ке дейін. Бұл мән өзгеруі мүмкін: тегіс мұзда үйкеліс коэффициенті төмен болады (шамамен 0,05), ал «мұзды жерде» кедір – бұдырлар немесе балшықтар 0,15-ке дейін біршама жоғары болады. Біз $f=0,1$ мәнін аламыз.

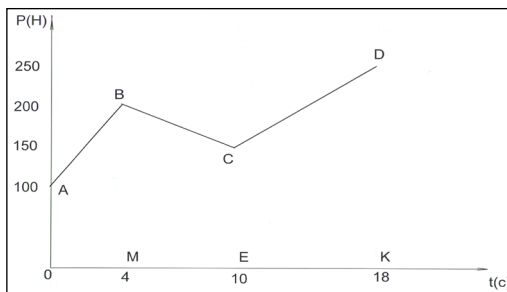
Анықтаймыз: t_1 , t_2 , t_3 үшін v_1 , v_2 және v_3 -ті.

Шешуі. Денеге әсер ететін күштерді көрсетейік: G салмағы, жазықтықтың қалыпты

Бұрғылау жабдығына сол жаққа бағытталған $\vec{P}$ күші әсер етеді (1-сурет).

$P=P(t)$ күшінің өзгеру заңын және f сырғанау үйкеліс коэффициентін біле отырып, біз t_1 , t_2 , t_3 уақыттарындағы бұрғылау жабдықтарының жылдамдығын анықтаймыз.

t_0 , t_1 , t_2 , t_3 уақыт моменттері үшін P күштің өзгеру графигін оның P_0 , P_1 , P_2 , P_3 мәндері бойынша құру кезінде оның берілген уақыт моменттері үшін $P=P(t)$ байланысын сызықтық деп санаймыз.



2-сурет. t_0 , t_1 , t_2 , t_3 уақыт моменттері үшін P_0 , P_1 , P_2 , P_3 мәндері бойынша P күшінің өзгеру графигі

Figure 2. Graph of force P variation based on the values P_0 , P_1 , P_2 , P_3 at the time points t_0 , t_1 , t_2 , t_3

реакциясы $\vec{N}$, $\vec{P}$ күші, $\vec{F}$ сырғанау үйкеліс күші, оны бастапқы жылдамдыққа қарама-қарсы, яғни көлбеу жазықтықпен төмен бағыттаймыз (1-сурет).

P_0 , P_1 , P_2 және P_3 берілген мәндері бойынша $P=P(t)$ графигін тұрғызамыз (2-сурет).

Материалдық нүкте ретінде қабылданған бұрғылау жабдығы үшін 0-ден t_1 -ге дейінгі уақыт аралығы үшін x осіне проекциялардағы қозғалыс мөлшерінің өзгеруі туралы теореманы өрнектейтін теңдеу құрамыз (1):

$$mv_{1x} - mv_{0x} = \sum S_{ix}, \quad (1)$$

мұндағы (2):

$$\sum S_{ix} = -Gt_1 \sin \alpha - Ft_1 + S_{px} \quad (2)$$

t_1 уақыты үшін P айнымалы күшінің импульсінің проекциясы (3):

$$S_{px} = \int_0^{t_1} P dt \quad (3)$$

Бұл интегралды ОАВМ трапециясының ауданы ретінде $P=P(t)$ графигінде анықтаймыз (4):

$$S_{px} = \frac{100+200}{2} \cdot 4 = 600 \text{ Н} \cdot \text{с} \quad (4)$$

Сырғанау үйкеліс күші $F=fN=f\cos \alpha$ екендігін ескеріп, (1)-теңдеуді төмендегідей түрде аламыз (5):

$$mv_{1x} - mv_{0x} = -mgt_1 \sin \alpha - fmg t_1 \cos \alpha + 600, \quad (5)$$

бұдан (6):

$$v_{1x} = v_{0x} - gt_1 \sin \alpha - fgt_1 \cos \alpha + \frac{600}{m} \quad (6)$$

Берілген мәліметтерді есепке ала отырып табамыз (7):

$$v_1 = |v_{1x}| = 2,4 \text{ м/с} \quad (7)$$

$\vec{F}$ сырғанау үйкеліс күші жылдамдыққа қарама – қарсы бағытталған, сондықтан берілген есептеуді жасамас бұрын, дене жылдамдығы уақытта көлбеу жазықтықпен жоғары бастапқы бағытын ($v_{0x} > 0$) өзгертпейтінін, демек, үйкеліс күші төмен бағытталатынын анықтау керек.

Ол үшін бұрғылау жабдығының жылдамдығы тұрақты $\vec{G}$, $\vec{N}$, $\vec{F}$ күштерінің және OB түзуі заңы бойынша өзгеретін ($p = 100 + \frac{100}{4}t$) күшінің әсерінен нөлге тең болатын $t^* < t_1$ уақыт мезеті мүмкін бе екенін тағайындау керек.

0-ден t^* -ге дейінгі болжамды уақыт аралығы үшін қозғалыс мөлшерінің өзгеруі туралы теореманы білдіретін теңдеу құрамыз (8):

$$mv_x - mv_{0x} = -mg \cdot t^* \sin \alpha - fmg \cdot t^* \cos \alpha + S_{px}, \quad (8)$$

мұндағы (9):

$$v_x = 0, S_{px} = \int_0^{t^*} P_x dt = \int_0^{t^*} \left(100 + \frac{100}{4}t\right) dt = 100t^* + \frac{t^{*2}}{2} \cdot 25 \quad (9)$$

Нәтижесінде t^* -ні анықтауға арналған келесі теңдеуді аламыз (10):

$$100t^* + 25 \cdot \frac{t^{*2}}{2} - mg(\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha)t^* + mv_{0x} = 0, \quad (10)$$

Яғни (11):

$$25t^{*2} + 200t^* - 2 \cdot 35 \cdot 9,81(0,423 + 0,1 \cdot 0,906) \cdot t^* + 35 \cdot 5,4 \cdot 2 = 0, \quad (11)$$

немесе (12):

$$25t^{*2} - 152,3 \cdot 25 \cdot t^* + 378 = 0 \quad (12)$$

Бұдан табамыз (13):

$$25t^{*2} + 200t^* - 2 \cdot 35 \cdot 9,81(0,423 + 0,1 \cdot 0,906) \cdot t^* + 35 \cdot 5,4 \cdot 2 = 0, \quad (13)$$

Яғни, көрсетілген күштердің әсерінен бұрғылау жабдығының жылдамдығы нөлге тең болатын уақыт моменті жоқ екенін аламыз.

t_2 уақытындағы бұрғылау жабдығының жылдамдығын анықтау үшін $t_2 - t_1$ уақыт аралығы үшін қозғалыс мөлшерінің өзгеруі туралы теореманы білдіретін теңдеу құрамыз (14):

$$mv_{2x} - mv_{1x} = \sum S_{ix}, \quad (14)$$

мұндағы (15):

$$\sum S_{ix} = -G(t_2 - t_1) \sin \alpha - F(t_2 - t_1) + S_{px} \quad (15)$$

$t_2 - t_1$ уақыт аралығында қозғалыс жылдамдығының бағытын өзгерту мүмкіндігін тексереміз.

Бұрғылау жабдығының жылдамдығы нөлге тең болатын t^* уақыт моментін анықтаймыз.

0-ден t^* -ге дейінгі уақыт аралығы үшін x осіне проекциялардағы қозғалыс мөлшерінің өзгеруі туралы теореманы білдіретін теңдеу құрамыз (16):

$$mv_x - mv_{1x} = -mg \cdot t^* \sin \alpha - f \cdot mgt^* \cos \alpha + S_{px}, \quad (16)$$

мұндағы (17–18):

$$v_x = 0, P_x = 200 - \frac{50}{6}t, \quad (17)$$

$$S_{px} = \int_0^{t^*} P_x dt = \int_0^{t^*} \left(200 - \frac{50}{6}t\right) dt = 200t^* - \frac{t^{*2}}{2} \cdot 8,33 \quad (18)$$

t^* -ні анықтауға арналған теңдеуді аламыз (19):

$$200t^* - 4,17t^{*2} - mg(\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha)t^* + mv_{1x} = 0, \quad (19)$$

Яғни (20):

$$4,17t^{*2} - 200t^* + 35 \cdot 9,81 \cdot (0,423 + 0,1 \cdot 0,906) \cdot t^* - 35 \cdot 2,4 = 0 \quad (20)$$

немесе (21):

$$4,17t^{*2} - 23,8 \cdot t^* - 84 = 0 \quad (21)$$

Бұдан табамыз (21):

$$t^* = \frac{23,8 \pm \sqrt{23,8^2 + 4 \cdot 4,17 \cdot 84}}{2 \cdot 4,17} = 8,2 > t_2 - t_1 = 6 \text{ с} \quad (21)$$

Яғни, көрсетілген күштердің әсерінен бұрғылау жабдығының жылдамдығы нөлге тең болатын уақыт моменті жоқ екенін аламыз.

(-) таңбасын есепке алмаймыз, себебі бұл жағдайда $t^* < 0$

$t_2 - t_1$ уақыт аралығы үшін қозғалыс мөлшерінің өзгерісін өрнектейтін теңдеуді құрамыз (22):

$$mv_{2x} - mv_{1x} = \sum S_{ix}, \quad (22)$$

мұндағы (23):

$$m \sum S_{ix} = -G(t_2 - t_1) \sin \alpha - F \cdot (t_2 - t_1) + S_{px} \quad (23)$$

$t_2 - t_1$ уақытында P айнымалы күшінің импульсінің проекциясы $P = P(t)$ графигінде $MBCE$ трапециясының ауданымен өрнектеледі (24):

$$S_{px} = \frac{200 + 150}{2} \cdot 6 = 1050 \text{ Нс} \quad (24)$$

Сондықтан (22)-теңдеу төмендегідей түрге енеді (25):

$$mv_{2x} - mv_{1x} = -mg \cdot (t_2 - t_1) \sin \alpha - f \cdot mg \cdot (t_2 - t_1) \cos \alpha + 1050 \quad (25)$$

Бұдан (26–27):

$$v_{2x} = v_{1x} - g \cdot (t_2 - t_1) \sin \alpha - f \cdot g \cdot (t_2 - t_1) \cos \alpha + \frac{1050}{m}, \quad (26)$$

$$v_2 = |v_{2x}| = 2,4 - 9,81 \cdot 6 \cdot 0,423 - 0,1 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot 0,906 + \frac{1050}{35} = 2,2 \text{ м/с} \quad (27)$$

t_3 уақыт мезетіндегі бұрғылау жабдығының жылдамдығын анықтаймыз.

t_3-t_2 уақыт аралығында қозғалыс жылдамдығының бағытының өзгеру мүмкіндігін тексеріміз.

Бұрғылау жабдығының жылдамдығы нольге тең болатын t^* уақыт мезетін анықтаймыз.

0-ден t^* -ге дейінгі уақыт аралығы үшін x осіне проекциялардағы қозғалыс мөлшерінің өзгеруі туралы теореманы білдіретін теңдеу құрамыз (28):

$$mv_x - mv_{1x} = -mg \cdot t^* \sin \alpha - f \cdot mg t^* \cos \alpha + S_{px} \quad (28)$$

мұндағы (29–30):

$$v_x = 0, P_x = 150 + \frac{100}{8} t, \quad (29)$$

$$S_{px} = \int_0^{t^*} P_x dt = \int_0^{t^*} \left(150 + \frac{100}{8} t \right) dt \quad (30)$$

$$= 150 \cdot t + \frac{t^2}{2} \cdot 12,5$$

t^* -ні анықтауға арналған теңдеуді аламыз (31):

$$mv_{2x} - mg(\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha) \cdot t^* + 6,25t^{*2} + 150t^* = 0, \quad (31)$$

Яғни (32):

$$6,25t^{*2} + 150t^* - 35 \cdot 9,81 \cdot (0,423 + 0,1 \cdot 0,906) \cdot t^{\omega} + 35 \cdot 2,2 = 0 \quad (32)$$

немесе (33):

$$6,25t^{*2} - 26,2 \cdot t^* + 77 = 0 \quad (33)$$

Бұдан анықтаймыз (34):

$$t^* = \frac{26,2 \pm \sqrt{26,2^2 - 4 \cdot 6,25 \cdot 77}}{2 \cdot 6,25} \quad (34)$$

– нақты түбірлері жоқ.

Яғни, көрсетілген күштердің әсерінен бұрғылау жабдығының жылдамдығы нөлге тең болатын уақыт моменті жоқ екенін аламыз.

Қозғалыс мөлшерінің өзгерісі туралы теореманы өрнектейтін және t_3-t_2 уақыт аралығына құрастырылған теңдеу t_3 уақыт мезетіндегі v_3 бұрғылау жабдығының жылдамдығын анықтауға мүмкіндік береді (35):

$$mv_{3x} - mv_{2x} = \sum S_{ix} \quad (35)$$

мұндағы (36):

$$\sum S_{ix} = -G(t_3 - t_2) \sin \alpha - F \cdot (t_3 - t_2) + S_{px} \quad (36)$$

t_3-t_2 уақыттағы P айнымалы күштің импульсінің проекциясы $P=P(t)$ ECDK трапециясының ауданымен өрнектеледі (2-сурет) (37):

$$S_{px} = \frac{150+250}{2} \cdot 8 = 1600 \text{ Нс} \quad (37)$$

Сондықтан (22)-теңдеу төмендегідей түрге енеді:

$$mv_{3x} - mv_{2x} = -mg \cdot (t_3 - t_2) \sin \alpha - f \cdot mg \cdot (t_3 - t_2) \cos \alpha + 1600 \quad (39)$$

Бұдан (40–41):

$$v_{3x} = v_{2x} - g \cdot (t_3 - t_2) \sin \alpha - f \cdot g \cdot (t_3 - t_2) \cos \alpha + \frac{1600}{m}, \quad (40)$$

$$v_3 = |v_{3x}| = 2,2 - 9,81 \cdot 8 \cdot 0,423 - 0,1 \cdot 9,81 \cdot 8 \cdot 0,906 + \frac{1050}{35} = 7,6 \text{ м/с} \quad (41)$$

t_1 уақыт мезетіндегі жылдамдықтың мәнін дифференциалдық теңдеудің көмегімен табамыз (42):

$$m\ddot{x} = \sum X_i \quad (42)$$

Теңдеудің оң бөлігін ашамыз (43):

$$m\ddot{x} = -G \sin \alpha - F + P \quad (43)$$

немесе (44):

$$m\ddot{x} = -mg \sin \alpha - f \cdot mg \cdot \cos \alpha + P \quad (44)$$

Яғни (45):

$$\ddot{x} = -g \sin \alpha - f \cdot g \cdot \cos \alpha + \frac{P}{m}, \quad (45)$$

мұндағы (46):

$$P = 100 + \frac{100}{4} t \quad (46)$$

$$\ddot{x} = -g \sin \alpha - f \cdot g \cdot \cos \alpha + \frac{100 + 25t}{35} \quad (47)$$

Алынған дифференциалдық теңдеуді интегралдай отырып, табамыз (48):

$$\dot{x} = -g(\sin \alpha + f \cos \alpha) \cdot t + 2,85t + 0,714 \frac{t^2}{2} + C \quad (48)$$

Кездейсоқ шаманы C анықтау үшін есептің шартын пайдаланамыз: при $t = 0$ $v_{0x} = \dot{x}_0 = 5,4$ м/с.

Сонымен, 0 ден t_1 -ге уақыт аралығында жылдамдықтың өзгерісін анықтайтын теңдеу төмендегідей болады (49):

$$\dot{x} = -g(\sin \alpha + f \cos \alpha) \cdot t + 2,85t + 0,357t^2 + 5,4 \quad (49)$$

$t=t_1$ болғанда (50):

$$v_1 = |\dot{x}_{t=t_1}| = -9,81 \cdot (0,423 + 0,1 \cdot 0,906) \cdot 4 + 2,85 \cdot 4 + 0,357 \cdot 4^2 + 5,4 = 2,4 \text{ м/с} \quad (50)$$

Нәтиже сәйкес келеді.

Таулы жерлерде бұрғылау жабдықтарын тасымалдауды талдау үшін оны көлбеу бұрышымен көлбеу беткейде қозғалатын механикалық жүйе ретінде қарастырамыз. Массасы бұрғылау жабдығына әсер ететін негізгі күштер:

– $G=mg$ – ауырлық күші;

– $G_x=mg \sin \alpha$ – көлбеу бойындағы ауырлық күшінің құрамдас бөлігі;

– $G_x=mg \cos \alpha$ – көлбеуге перпендикуляр ауырлық күші;

– F_t – трактордың немесе күштік қондырғының тарту күші;
– F_r – қозғалысқа кедергі күш (үйкеліс, ауа, тірек бетінің деформациясы).
Беткейге көтерілу (51):

$$m \frac{dv}{dt} = F_t - (F_r + mgsina), \quad (51)$$

мұндағы v – бұрғылау жабдығын тасымалдау жылдамдығы, м/с.

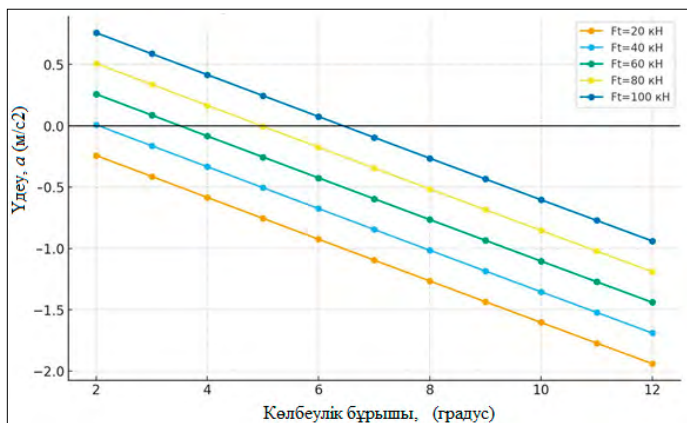
Беткейден түсу (52):

$$m \frac{dv}{dt} = mgsina - (F_r + mgsina), \quad (52)$$

мұндағы v – бұрғылау жабдығын тасымалдау жылдамдығы, м/с.

Осы теңдеуден біз көлбеу бұрышының және тартудың әртүрлі мәндеріндегі жылдамдықтың өзгеруін анықтаймыз.

3-суретте келесі мәліметтер үшін беткейлерде жоғары жылжу кезінде бұрғылау жабдықтарының үдеуінің (жылдамдығының) өзгеру графигі келтірілген: $m=80$ т; $F_t=20...100$ кН; $F_r=12$ кН, көлбеулік бұрышының мәндері $\alpha=12^\circ$ -ден $\alpha=2^\circ$ -ге дейін.



3-сурет. Беткейлерде жоғары жылжу кезінде бұрғылау жабдықтарының үдеуінің (жылдамдығының) өзгеру графигі

Figure 3. Graph of drilling equipment acceleration (speed) variation during uphill movement on slopes

Бұл графиктен біз шағын бұрыштарда ($2^\circ...4^\circ$) тіпті салыстырмалы түрде аз тарту күші (40...60 кН) оң үдеуді қамтамасыз ете алатынын көреміз; көлбеу бұрышы ұлғайған сайын қозғалыс бағыты бойынша ауырлық күші артады, сондықтан жылдамдықты сақтау үшін үлкен F_t мәні қажет; көлденең сызық $\alpha=0$ біркелкі қозғалыс режимін көрсетеді, сызықтан жоғары үдеу, төмен-тежеу (баяулау).

Қозғалыс орнықтылығы қорытынды күш жылдамдықтың бақыланбайтын өсуіне әкелмеген жағдайда қамтамасыз етіледі (53–54):

$$F_t \geq F_r + mgsina \quad (\text{көтерілу үшін}) \quad (53)$$

$$F_{br} \geq mgsina - F_r \quad (\text{түсу үшін}), \quad (54)$$

мұндағы F_r – қозғалысқа кедергі күші (үйкеліс, ауа, тірек бетінің деформациясы); F_{br} – рұқсат етілген жылдамдықтан аспай орнықты қозғалысты қамтамасыз ететін тежегіш күші.

Тәжірибелік ұсыныстар

Таулы жерлерде бұрғылау жабдықтарын тасымалдаудың жылдамдық режимдерін талдау негізінде қауіпсіздік пен сенімділікті қамтамасыз ету үшін келесі ұсыныстарды ұсынуға болады:

1. Жылдамдық режимін таңдау:

– көлбеу көтерілу кезінде қозғалыстың оңтайлы жылдамдығы 3–4 м/с аспауы керек, бұл күштік қондырғының шамадан тыс жүктелуіне жол бермейді;

беткейден түсу кезінде жылдамдықты 2–2,5 м/с шегінде шектеп, үдеу және орнықтылықты жоғалту қаупін азайту ұсынылады.

2. Тарту күші мен тежеуді басқару:

– көтерілу кезінде жоғары моментті қамтамасыз ететін төмен берілісті қолдану керек;

– төмен түсу кезінде тек жұмыс тежегіштерімен ұзақ тежеуді болдырмау керек - қозғалтқыш тежегіші мен жұмыс жүйесінің тіркесімін пайдалану ұсынылады, бұл тежегіштердің қызып кетуін азайтады.

3. Маршрутты ұйымдастыру:

– тасымалдау бағытын алдын-ала зерттеп, ең жазықты жерлерді таңдау керек;

– максималды динамикалық жүктемелер пайда болатын көтерілуден төменге күрт ауысудан аулақ болу керек;

– қажет болған жағдайда тежегіш жүйесін тоқтату және салқындату үшін уақытша алаңдарды көздеу.

4. Орнықтылықты қамтамасыз ету:

– бұрғылау жабдықтарының ауырлық центрі мүмкіндігінше төмен болуы керек, ол үшін тасы-

малдау кезінде жоғарғы алаңға ауыр жабдықты орнатуды азайту ұсынылады;

– 8–10° жоғары бұрышы бар беткейлерді еңсеру кезінде тірек жүйелерін немесе қосымша тұрақтандырғыштарды қолдану керек.

5. Ұйымдастыру шаралары:

– тасымалдауды бастамас бұрын персоналға қауіпсіздік техникасы бойынша нұсқама жүргізу;

– тек күндізгі уақытта және қолайлы ауа-райы жағдайында тасымалдауды жүзеге асыру;

– қозғалыс параметрлерін жедел бақылау үшін инженерлік-техникалық персоналмен тасымалдауды сүйемелдеуді қолдану.

Қорытындылар

Жұмыста таулы жерлерде бұрғылау жабдықтарын тасымалдау ерекшеліктері қарастырылды. Көлбеу бетіндегі қозғалыстың математикалық моделі тартылыс, қарсылық және ауырлық күштерін ескере отырып жасалған. Көтерілу және түсу кезіндегі қозғалысқа талдау жасалды,

жылдамдық пен үдеудің көлбеу бұрышына тәуелділігі анықталды.

Есептеулер мен модельдеу көрсеткендей, беткейдің көлбеулігі жоғарылауымен динамикалық жүктемелер, сондай-ақ тарту қондырғысының қуаты мен тежегіш жүйесінің тиімділігіне қойылатын талаптар айтарлықтай артады. Қауіпсіз қозғалыс жылдамдығы көтерілу кезінде 3–4 м/с және түсу кезінде 2–2,5 м/с аспауы керек екендігі анықталды.

Әзірленген практикалық ұсыныстар бұрғылау жабдықтарын біркелкі емес рельеф бойынша тасымалдаудың қауіпсіздігі мен сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері маршруттарды жобалау, тасымалдаудың техникалық құралдарын таңдау және таулы жерлерде бұрғылау жабдықтарын пайдалану ережелерін әзірлеу кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Әрі қарай зерттеудің перспективалық бағыты тасымалдау кезіндегі тербелмелі үрдістерді, сондай-ақ бұрғылау жабдықтарының қозғалыс динамикасына тірек бетінің (топырақ, құм, қиыршық тас) сипаттамаларының әсерін есепке алу болып табылады.

ҚОСЫМША

Қаржыландыру көзі. Авторлар зерттеу жүргізу кезінде сыртқы қаржыландырудың жоқтығын мәлімдейді.

Мүдделер қайшылығы. Авторлар осы мақаланы жариялауға байланысты айқын және ықтимал мүдделер қайшылығының жоқтығын жариялайды.

Авторлардың қосқан үлесі. Барлық авторлар өздерінің авторлығының ICMJE халықаралық критерийлеріне сәйкестігін растайды (барлық авторлар тұжырымдаманы әзірлеуге, зерттеу жүргізуге және мақаланы дайындауға айтарлықтай үлес қосты, жарияланғанға дейін соңғы нұсқасын оқып, мақұлдады). Ең үлкен үлес келесідей бөлінді: Медетов Ш.М. – зерттеуді ғылыми тұрғыдан басқарды, мақсат пен міндеттерді тұжырымдады, бұрғылау жабдықтарының қозғалысының математикалық модельдерін жасады, кіріспе мен қорытындыны әзірледі; Салпакаева Р.К. – тасымалдау қауіпсіздігіне қатысты нормативтік құжаттар мен стандарттарды талдады, әдебиеттерге шолу жасады, «Материалдар мен әдістер» бөлімін дайындады; Айманова Г.Р. – қозғалыстың дифференциалдық теңдеулерін құруға қатысты, аналитикалық және сандық есептеулер жүргізді, графиктер мен суреттерді әзірледі; Дюсенов А.Т. – техникалық есептердің дұрыстығын тексерді, нәтижелерді талдады, тасымалдаудың орнықтылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етуге арналған тәжірибелік ұсыныстарды жасады; Қуанышқалиева А.Ж. – Маңғыстау облысының рельефі мен тасымалдау жағдайлары бойынша бастапқы деректерді жинады, геолого-географиялық ерекшеліктерді сипаттады, жұмыстың тәжірибелік маңызын көрсетті; Қарасаева Г.Р. – нәтижелерді өңдеді, суреттерді рәсімдеді, аннотация мен негізгі сөздерді ағылшын тіліне аударды, мақаланы жариялауға техникалық тұрғыдан дайындады.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. The greatest contribution is distributed as follows: Shokan M. Medetov – scientific supervision of the study, formulation of aims and objectives, development of mathematical models of drilling equipment motion, preparation of the introduction and conclusion; Raushan K. Salpakayeva – analysis of regulatory documents and standards on transport safety, literature review, preparation of the “Materials and Methods” section; Gulmira R. Aimanova – participation in formulating differential equations of motion, analytical and numerical calculations, preparation of graphs and illustrations; Aslan T. Dyussenov – verification of technical calculation accuracy, results analysis, development of practical recommendations to ensure transportation stability and safety; Ainur Zh. Kuanyshkaliyeva – collection of initial data on terrain and transportation conditions in Mangystau region, description of geological and geographical characteristics, demonstration of the practical significance of the study; Gulraushan R. Karasayeva – processing of results, formatting of figures, translation of the abstract and keywords into English, technical preparation for publication.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ниязбекова Ш.У., Назаренко О.В. Современное состояние и перспективы развития нефтегазового сектора Республики Казахстан // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1. Экономика и управление. 2018. №4(27). С. 7–14.
2. Саипов Ш.А., Фахрутдинов Р.З. Современное состояние и пути совершенствования Казахской нефтепереработки // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20, №20. С. 48–52.
3. Николаев Н.И., Иванов А.И. Повышение эффективности бурения нефтяных и газовых скважин в осложненных условиях // Записки горного института. 2009. Т. 183. С. 308–310.
4. Хвалимова А.А., Крамарь В.А., Родькина А.В., Иванова О.А. Выбор типа буровой установки для разведочного бурения в арктических условиях по методу анализа иерархий // Научные проблемы водного транспорта. №76(3). 2023. С. 61–74. doi: [10.37890/jwt.vi76.335](https://doi.org/10.37890/jwt.vi76.335).
5. Бердығұжин Л.Б., Аманбаева Ж.Қ. Маңғыстау мұнай-газ кен орындарының тарихы // Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университетінің Хабаршысы. 2022. №66(3). С. 27–39. doi: [10.47649/vau.2022.v66.i3.03](https://doi.org/10.47649/vau.2022.v66.i3.03).
6. Эшанбабаев А.А. Обеспечение безопасности движения автомобильного поезда на горных дорогах // Инженерные решения. 2020. №6(16). doi: [10.32743/2658-6479.2020.6.16.316](https://doi.org/10.32743/2658-6479.2020.6.16.316).
7. Эшанбабаев А.А., Рахимов Р.Ш., Хабибуллаев Д.Х. Безопасность движения транспортных средств на спусках и подъемах на горных дорогах // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. 2022. №5(98). doi: [10.32743/UniTech.2022.98.5.13602](https://doi.org/10.32743/UniTech.2022.98.5.13602).
8. Горшков Ю.Г., Старунова И.Н., Калугин А.А., В.В. Бакунин. Обоснование необходимого времени регулирования давления воздуха в шинах при движении транспортного средства по склону // Научное обозрение. 2014. № 4. С. 116–122.
9. Горшков Ю.Г., Старунова И.Н., Калугин А.А. Автоматическое регулирование давления воздуха в шинах фактор безопасного движения колёсных машин на склонах // Техника в сельском хозяйстве. 2014. № 1. С. 13–15.
10. Горшков Ю.Г., Бобров С.В., Старунова И.Н., Калугин А.А. Автоматизация процесса устойчивости колёсной машины при движении по поперечному и продольному склонам // Научное обозрение. 2014. № 12. С. 59–65.
11. Пономаренко М.Н. Проблемы содержания автомобильных дорог в горной местности // Дороги и мосты. 2020. №44. С. 215–224.
12. Эшанбабаев А.А., Рахимов Р.Ш., Ахмаджонов Ш.Н. Обеспечение безопасности движения транспортных средств в горных дорожных условиях // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. 2022. №5(98). doi: [10.32743/UniTech.2022.98.5.13599](https://doi.org/10.32743/UniTech.2022.98.5.13599).
13. Горшков Ю.Г., Старунова И.Н., Калугин А.А., Белоусов М.А. Исследование влияния угла склона на дисбаланс нагружения бортов колёсной машины и изменение направления вектора центра тяжести // Научное обозрение. 2014. №1. С. 28–33.
14. Горшков Ю.Г., Старунова И.Н., Калугин А.А. Устойчивость колёсных машин на склонах // Интеграция науки и бизнеса в агропромышленном комплексе: матер. Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 70-летию Курганской ГСХА. 2014. Т. 3. С. 191–195.
15. Мацый С.И., Безуглова Е.В., Лейер Д.В. Специальные защитные мероприятия на горных дорогах от опасных геологических процессов // Сборник трудов конференции «Строительство в горных условиях». 2017. С. 73–81.

REFERENCES

1. Niyazbekova SU, Nazarenko OV. Modern Condition and Prospects of The Republic of Kazakhstan Oil and Gas Sector Development. *Bulletin of Moscow Witte University. Series 1: Economics and Management*. 2018;4(27): 7–14. (In Russ).
2. Saipov ZA, Fakhrutdinov RZ. Sovremennoye sostoyaniye i puti sovershenstvovaniya Kazakhstanskoy neftepererabotki. *Herald of Technological University*. 2017;20(10):48–52 (In Russ.).
3. Nikolaev NI, Ivanov AI. Higher efficiency in drilling of oil and gas wells under complicated conditions. *Journal of Mining Institute*. 2009;183:308–310. (In Russ).
4. Khvalimova AA, Kramar VA, Rodkina AV, Ivanova OA. Drilling rig type selection for exploratory drilling in the Arctic conditions using analytic hierarchy method. *Russian Journal of Water Transport*. 2003;76:61–74. doi: [10.37890/jwt.vi76.335](https://doi.org/10.37890/jwt.vi76.335). (In Russ).
5. Berdyguzhin LB, Amanbaeva ZK. History of Oil and Gas Fields of Mangistau. *Bulletin of the Khalel Dosmukhamedov Atyrau University*. 2022;66(3):27–39. doi: [10.47649/vau.2022.v66.i3.03](https://doi.org/10.47649/vau.2022.v66.i3.03). (In Kazakh).
6. Eshanbabaev A. Traffic safety on the mountains. *Engineering Solutions*. 2020;6(16). doi: [10.32743/2658-6479.2020.6.16.316](https://doi.org/10.32743/2658-6479.2020.6.16.316). (In Russ).
7. Eshanbabaev A, Rakhimov R, Khabibullaev D. Ensuring the Safety of Vehicles in Mountainous Road Conditions. *Universum: technical sciences*. 2022;5(98). doi: [10.32743/UniTech.2022.98.5.13602](https://doi.org/10.32743/UniTech.2022.98.5.13602). (In Russ).
8. Gorshkov YG, Starunova IN, Kalugin AA, Bakunin VV. Substantiation of the Time Necessary for Regulating Air Pressure in Tyres During the Movement of a Vehicle Down a Slope. *Nauchnoye obozreniye*. 2014;4:116–122. (In Russ).
9. Gorshkov YG, Starunova IN, Kalugin AA. Avtomaticheskoye regulirovaniye davleniya vozdukh v shinakh – faktor bezopasnogo dvizheniya kolesnykh mashin na sklonakh. *Technique in Agriculture*. 2014;1:13–15. (In Russ).
10. Gorshkov YG, Bobrov SV, Starunova IN, Kalugin AA. Automation of the process of Wheeled Machine Stability During the Movement Along the Transverse and Longitudinal Slope. *Nauchnoye obozreniye*. 2014;12:59–65. (In Russ).
11. Ponomarenko MN. Problemy soderzhaniya avtomobil'nykh dorog v gornoy mestnosti. *Dorogi i mosty*. 2020;44:215–224. (In Russ).
12. Eshanbabaev A, Rakhimov R, Akhmadzhonov S. Ensuring the Safety of Vehicles in Mountainous Road Conditions. *Universum: technical sciences*. 2022;5(98). doi: [10.32743/UniTech.2022.98.5.13599](https://doi.org/10.32743/UniTech.2022.98.5.13599). (In Russ).
13. Gorshkov YG, Starunova IN, Kalugin AA, Belousov MA. Study of the influence of slope angle on the disbalance of loading the boards of a wheeled vehicle and the change in the direction of center of gravity vector. *Nauchnoye obozreniye*. 2014;1:28–33. (In Russ).

14. Gorshkov YG, Starunova IN, Kalugin AA. Ustoychivost' kolyosnykh mashin na sklonakh. *Integratsiya nauli i biznesa v agropromyshlennom komplekse: Proceedings of International scientific and practical conference, dedicated to the 70th anniversary of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2014;3:191–195. (In Russ).
15. Matsiy SI, Bezuglova EV, Leyer DV. Spetsial'nyye zashchitnyye meropriyatiya na gornykh dorogakh ot opasnykh geologicheskikh protessov. *Proceedings of the conference "Construction in mountainous conditions"*. 2017;1:73–81. (In Russ).

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ АҚПАРАТ***Медетов Шокан Медетович**

техн. ғылым. канд.,

қауымдастырылған профессор

ORCID [0009-0002-0137-228X](https://orcid.org/0009-0002-0137-228X)

e-mail: medetov.76@mail.ru.

Салпакаева Раушан Куанышевна

ORCID [0009-0002-5295-8117](https://orcid.org/0009-0002-5295-8117)

e-mail: r.salpakaeva@aogu.edu.kz.

Айманова Гульмира Раисовна

ORCID [0009-0001-4195-755X](https://orcid.org/0009-0001-4195-755X)

e-mail: g.aymanova@aogu.edu.kz.

Дюсенов Аслан Темиргалиевич

техн. ғылым. канд.,

қауымдастырылған профессор

ORCID [0009-0009-5546-8958](https://orcid.org/0009-0009-5546-8958)

e-mail: a.duysenov@aogu.edu.kz.

Куанышкалиева Айнур Жангабыловна

ORCID [0009-0002-7518-8071](https://orcid.org/0009-0002-7518-8071)

e-mail: a.kuanyshkalieva@aogu.edu.kz.

Карасаева Гулраушан Русланқызы

ORCID [0009-0005-6314-7768](https://orcid.org/0009-0005-6314-7768)

e-mail: g.karasaeva25@aogu.edu.kz.

AUTHORS' INFO***Shokan M. Medetov**

Cand. Sc. (Engineering),

Associate Professor

ORCID [0009-0002-0137-228X](https://orcid.org/0009-0002-0137-228X)

e-mail: medetov.76@mail.ru.

Raushan K. Salpakayeva

ORCID [0009-0002-5295-8117](https://orcid.org/0009-0002-5295-8117)

e-mail: r.salpakaeva@aogu.edu.kz.

Gulmira R. Aimanova

ORCID [0009-0001-4195-755X](https://orcid.org/0009-0001-4195-755X)

e-mail: g.aymanova@aogu.edu.kz.

Aslan T. Dyussenov

Cand. Sc. (Engineering),

Associate Professor

ORCID [0009-0009-5546-8958](https://orcid.org/0009-0009-5546-8958)

e-mail: a.duysenov@aogu.edu.kz.

Ainur Zh. Kuanyshkaliyeva

ORCID [0009-0002-7518-8071](https://orcid.org/0009-0002-7518-8071)

e-mail: a.kuanyshkalieva@aogu.edu.kz.

Gulraushan R. Karasayeva

ORCID [0009-0005-6314-7768](https://orcid.org/0009-0005-6314-7768)

e-mail: g.karasaeva25@aogu.edu.kz.

* Корреспондент автор / Corresponding Author