**ЕСЕПТЕУ ТЕХНИКАСЫ, АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР, ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАСЫ**

**ЖӘНЕ КӨЛІКТІ АВТОМАТТАНДЫРУ**

**TRANSPORT EQUIPMENT, LOGISTICS AND TRANSPORTATION MANAGEMENT ӘОЖ 629.4.012**

### Ж. Мусаев1, Қ. Бекмамбет2, Ж. Әбілқайыр3

1Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан

2Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті, Алматы, Қазақстан

3Satbayev University, Алматы, Қазақстан E-mail: [info@academy.kz](mailto:info@academy.kz)

## ПОЙЫЗ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ ТЕҢДЕУЛЕРІН САНДЫҚ

**ИНТЕГРАЛДАУДЫҢ АЙЫРЫМДЫҚ ӘДІСТЕРІ АРҚЫЛЫ ШЕШУ**

**Аңдатпа.** Пойыздың теориялық және эксперименталдық тексерулерден қалыпты емес режимді деректері келтірілген. Математикалық және алгоритмді модельдері инженерлі тәжірибе жүзінде қолдана ала мүмкіндігі және вагонның орнынан қозғалуына әсер етуші күші, тоқтауы, қисық сығық бойы қозғалуы, вагонаралық соқтығысулар нәтижесінде пайда болатын күштер негізге алынған.

**Түйінді сөздер.** Жылжымалы құрам, пойыз, теміржол жолы, қозғалыс, теңдеу, модельдеу, талдау, шешім.

### Кіріспе.

Жүк пойыздарының салмағын көбейту көлік саясатында қолданылатын ең байы бағыттардың бірі болып табылады, өйткені аз шығындалу арқылы мол табысқа жетелеу.

Қазіргі темір жол пойызды - өте күрделі механикалық жүйе. Оның қозғалысы термодинамикалық процесстерге, ерекшеленген, басқарудағы ерекшеліктер, тексерудегі ерекшеліктер (локомотив, вагондар және ондағы жүк) және оны анықтаушы өзара қатынас.

Әсер етуші күшті зерттегенде, тіркемеге әсер етуші енгізгі екі топқа бөлуге болады:

1. қондырылған және стационарлы пойыздың қозғалысы, тік сызықты және бірқалыпты қозғалыс және әртүрлі сыртқы әсер етуші күштердің әсерінен пайда болатын қисық сызықты қозғалыс.
2. қондырылмаған, стационарлы есем немесе ауыстырылатын тәртіппен, өзара оңай ауыстыратын тәртіптер. Оған жататындар: пойызды іске қосу, күштің лезде өзгеруі кезінде басқару және тоқтату, пойызды басқару шеберліктері.

Бұл мақаланың негізгі мақсаты стационарлы емес вагондарға әсер етуші күш және оларды төмендету мәселелері қаралған.

### Материалдар мен әдістер.

Локомотивтің күшін арттыру және тіркеменің тежеу құрылғыларының жұмысын жақсарту, вагонның жүк көтергішін арттыру, салмағын, ұзындығын және пойыздың қозғалысының жылдмадығын, пойыздың басқару шеберлік операцияларын арттыру, бұдан нәтижесінде вагондардың өзара соғысуынан пайда болатын күш және осы күштің тіркемелерге әсер етеді. Сондықтан кей кезде вагондардың басқару кезінде бүкіл тіркемеге кесірін кезі болды. Қатты соққының нәтижесінде вагондар құрамына және оларды жалғаушы тетіктерді істен шығарады, тіптен вагондардың рамасын бүлдіреді.

Пойыздың қозғалысын теңестіру [1], күйін бақылаушы қосымша деректермен анықтауға вагондардың өзара қатынасын және электромеханикалық әрекеттердің және тартқыш агрегаттарда басқаруды теңгерулер дифференциалды теңестірудегі қалыпты жүйе сүзеді.

*y*˙*i* 

*fi* (*t*, *y*);

*y*  *yi* (*t*); *i*  1, *Ny* ,

(1)

Бұның жауабы *y*(*t*)  *yi* (0); *i*  1, *Ny* векторымен нақтыланады, бастапқы

деңгейі; *N y* - бірінші деңгейлі теңгерімнің саны. Бұл теңгерім пайда болғалы

қайталанбады, өйткені оң жақ бөлігі *уi* кідірісі Липщица шартын және Риман интеграциясының ережесін қанағаттандырады [2, 3].

Ең көп тарағаны біріккен есептік көрсеткіштер, оларды негізінен екі топқа бөліп қарауға болады: бір қадамды және көп қадамды.

Бір қадамды әдіс бойынша уақыт сәті (момент) *i* бойынша *t+h* есеп құруға мүмкіндік береді, бұл әдісте ақпарат аз, тек *t* уақыт векторы туралы ақпарат берілген (*h* – бірігу қадамы). Көп қадамды әдіс құрылу сәтінен *t+h у* векторының ақпаратын қарайды: *t, t-h, t- 2h,…, t-(k-1)h*, егер айырмашылытардың формуласы қолданса, егер өндірістік *t+h* сәті қолданса, анық емес айырмашылық формулалары қолданылады.

Бірқадамды әдісті Рунге-Куттаның төрт дәрежелі сатты формасын қолданады.

мұнда

*y*(*t*  *h*)  *y*(*t*)  *h* 1 *К*

 1

 6

 1 *К*

3 2

 1 *К*

3 3

1 

6 4 

,

  *К*



(2)

*К*  *f* (*t*, *y*(*t*)); *К*  *f* *t*  1 *h*, *y*(*t*)  1 *hК* ;

1 2    1 

 2 2 

*К*  *f* *t*  1 *h*, *y*(*t*)  1 *hК* ; *К*  *f* (*t*  *h*, *y*(*t*)  *hК* );

3  2





2 2  4 3

*f* ( )  *fi* ( ); *у*  *уi* ; *К j*

*ji y*

 *К* ; *i*  1, *N* ,

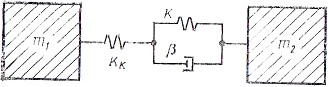
*j*  1,4.

Бұл формуларалар теңгерімді біріктіруге ыңғайлы және *h5* реттік қателікке ие. Бірақ бұл теңгерімді үлкен қажеттілігі бар өндірістік пойыздың қозғалысын теңгеруге қолданылмайды. Бұл қарастырудан айырым нүктесін алып тастауға алып келеді, интегралдың шекарасынан және біріктірудің кіші қадамын қолданып және олардың қолдануын тиімсіздігін дәлелдейді. Сонымен бірге Рунге-Кутт формуласын қолдану төртінші дәрежелі есептеуді талап етеді, теңгерімнің оң жағын.

### Нәтиже.

Ең тиімдісі көпқадамды әдіс болып табылады. Екінші дәрежелі формуланы қолдану арқылы бірінші реттік есептеудегі қажеттіліктің орнын толтыруға болады. Бұл кездегі дифференциалды теңгерімді таңдалған бұрынғысынан физикалық қасиетінен айырмашылығы бар теңгеріммен алмастырылады.

Сандық шешім қолданылмай қалады, егер қателіктер өте көп болса және осы қателіктер санау кезінде жиналады, біріктіру аралық үлкен болса. Сондықтан да біріктіруді есептеу кезіндегі болатын қателіктерге шыдамды болғаны үлкен маңызға ие. Оны Адамс- Башфорт формуласының үлкен айырмашылығы қанағаттандырады және Адамс- Мультонның анық емес формуласы, бұл формулалар өте тұрақты және олар біріктірудің үлкен бөліктерін есептеуде қолданылады. Анық және анықталмаған формулалар әртүрлі таңбаға ие болады, қиыстыруда қолданылады. Бірінші формулаларды жоспарлау ретіндешісін –түзету формуласы қолданамыз. Негізінен екіден көп түзетуге, енгізуге болмайды.



Сурет 1 – Интеграция қадамын бағалау үшін сызықтық есептелген қосылу схемасы *h* қадамымен біріктіру әр кезде өзін ақтай бермейді. Егерде локомотивті басқару жүйесінің жұмыс қарастырсақ немесе вагонға квазостатикалық процесстердің әсерінен пайда болатын күш және олардың қозғалысына әсері. Осы кезде бір түзетумен болжам жасалады және біріктірудің абсолютті қателіктің мағынасын өзгерту [4, 5].

Қозғалыс теңгерімін *h* қадамымен теңгерсек, біріктіру үшін нақты қадам таңдау керек болады. Бұл кезде жылдам өзгеретін қозғалыста басты назарды ұстау қажет. Ондай қозғалыстар вагондардың өзара соқтығысуының нәтижесінде пайда болады. Егерде вагондар фрикционды жұтушы құралдармен жарақтандырылса, құбылыстар эквивалеттік дәрежесі *kk* –ға тең қаттылығы жоғары бөліктерде болады. Ондай қаттылықта ең төмен кезең тербелуі

*T*  2

*m*

*kk*

~

; *m*  *m*1

*m*2 /(*m*1

 *m*2 ),

(3)

мұндағы *тл* және *т2* – екі вагондардың өзара қарым-қатынасы. Біріктіру қадамы негізінен

*h*  1 ~

*Т*

20

негізделеді. Қадамды таңдау қиындау, өйткені вагондар гидравликалық жұтушы

құрылғылармен жарақталған. Есептеу үшін тікжалғанған есептеу сұлбасын пайдаланып, қаттылық және жұту аппаратының жабысқақтық дәрежесінің есептеу көрсетілген. Механикалық жүйенің қозғалысының теңестіруі келесі түрде беріледі:

˙*q*˙˙ *kk*  *k q*˙˙ *kk q*˙  *k*  *k*  *kk q*  0.

(4)

 *m*  *m*

*T1, Т2,* және *Т3* уақыттарының шешімі тамыры үш кезеңге негізделген немесе *T*1

тербелген кезеңге, *Т2* кезеңі тұрақты уақыт. *T1* және *Т2* бағасын есептеу формуласы:

*h* мағынасы бағалау

2

*T*  2

*m* ; *Т kk*

  ,

*kk*  *k*

(5)

*h*  1 min *T* , *T*

, *T* , *T* , *i*  1, *n*, *j*  1, *n* ,

(6)

20 1*i* 2*i ij* 2*ij p*

*h* мағынасын сынамалы есептеу кезінде дәлдік керек. *h* мағынасын деректермен қорытындылай келе, барлық қателіктер жобадан аспау керек

(5) формуласындағы *k* мағынасын мына формуламен анықтауға болады:

1  *дS*  

*k*  *a*

 

*дqa* 

*S*



*ст*

; *Sст*

 max *Sст* ,

(7)

мұндағы *qa –* аппарат қадамы; *а* – жүйедегі аппарата саны; *mахS*ст - қозғалған кездегі пойыздың артықшылық күші, ал *β* мағынасын гидравликалық қарсылық ету күшіне жабысқақ гидравликалық қарсы әсер етуші тербелуінің төрттен бір бөлігін қосамыз. Бірнеше өзгертулерден кейін мына теңдеуді алуға болады

*β=0,85β2**m*

(8)

мұндағы *β*2 – гидравликалық қарсы әсер етуші аппараттың коэффициенті; *m -* вагоның әсер ететін барынша жоғары жылдамдық.

### Қорытынды.

Пойыз қозғалысының жоғарыда келтірілген физикалық моделі, оның негізгі теңдеуі және оған әсер ететін күштердің физикалық табиғаты бойынша поездардың қозғалу процесін толық сипаттайтын және оның математикалық моделі болып табылатын келесі математикалық қатынастарды құруға болады.

Пойызды басқару кезіндегі ұзын жол бойы тербелістер басқарудың кейібр шектеулерге әкеледі, сондықтанда темір жол трассасын жоспарлау кезінде технико- экономикалық есептеулер кезінде динамикалық процесстермен пойызға байланысты есептеу керек.

## ӘДЕБИЕТТЕР

1. Белик Л.В., Каблуков В.А., Манашкин Л.А. Рунге-Кутт әдісімен қадамның автоматикалық таңдау және олардың шешімдері. –Тр.ДИИТ, 1964, шық. 50, 35-38 беттер.
2. Блохин Е.П., Белик Л.В., Маслеева Л.Г. Пойыздың қозғалысын көп салмақты жүйе ретінде алгоритмдік сандық есебін шешу. - Тр.ДИИТ, 1997, шық. 205/26, 6-14 беттер.
3. Лазарян В.А., Блохин Е.П., Белик Л.В. Біріктірудегі қалыпты қозғалыс сандық таңдау туралы. – кітаптағы: Көліктік механикалық жылдамдығын кейбір есептеулері. Киев: 1970, 125-135 беттер.
4. Мусаев Ж.С. и др. Математическое моделирование движения поезда по пути произвольного очертания. Вестник КазАТК, 2009. - №6 (61). -С.31 – 38.
5. Мусаев Ж.С. и др. Анализ научно-исследовательских работ по продольной динамике грузового поезда. Вестник КазАТК, 2010. - №6 (67). -С.32 – 36.

**Жанат Мусаев,** д.т.н.., Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, [info@academy.kz](mailto:info@academy.kz)

**Канагат Бекмамбет,** к.т.н., Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан, [info@academy.kz](mailto:info@academy.kz)

**Ж. Абилкайыр,** РhD, Satbayev University, Алматы, Казахстан, [info@academy.kz](mailto:info@academy.kz)