

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ
ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
КӨЛІК – ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



**«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» X ХАЛЫҚАРАЛЫҚ
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ БАЯНДАМАЛАР
ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
X МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»**

**PROCEEDINGS OF THE X INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICE
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»**

Нұр-Сұлтан, 2022

УДК 656/621.31
ББК 39/31
А43

Редакционная коллегия:

Председатель – Мерзадинова Г.Т., Член Правления – Проректор по науке, коммерциализации и интернационализации ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, д.т.н., профессор; Заместитель председателя – Султанов Т.Т., заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Сулейменов Т.Б. – декан транспортно-энергетического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, д.т.н., профессор; Председатель «Әдеп» – Ахмедьянов А.У., к.т.н., доцент; Арпабеков М.И. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», д.т.н. профессор; Тогизбаева Б.Б. – заведующий кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н. профессор; Байхожаева Б.У. – заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н. профессор; Жакишев Б.А.– заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», к.т.н., доцент.

А43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: X Международная научно – практическая конференция, Нур-Султан, 17 марта 2022 /Подгот. Г.Т. Мерзадинова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов – Нур-Султан, 2022. – 597с.

ISBN 978-601-337-661-5

В сборник включены материалы X Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Нур-Султан 17 марта 2022 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего, ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.



© ЕНУ имени Л.Н.Гумилева, 2022

Екінші кезең-өндіріс және өткізу жүйесімен өзара байланыста шикізат пен материалдардың негізгі түрлеріне қажеттілікті есептеу (жабдықтауды жоспарлау). Қажетті мәнді анықтауға мүмкіндік беретін бірқатар әдістер бар. Күрделілік-бұл кәсіпорынды дамыту, өнім шығару және т. б. бағдарламаларын уақыт өте келе сатып алуды ұйымдастырумен байланыстыру қажет.

Үшінші кезең-әзірленген жабдықтау бағдарламасын іске асыру тетігін құру. Жеткізу жүйесін іске асыру тетігі кәсіпорын басшысының жабдықтау жоспарларының, оның ішінде қаржылық жоспарлардың, өндіріс пен өнімді сату жоспарларының орындалуына күнделікті және апта сайынғы мониторингі арқылы ғана мүмкін болады. Бюджеттеу өзара әрекеттесу құралы және сату және жабдықтау қызметінің тиімді байланысының негізі ретінде көмекке келе алады.

Қорытынды

Кәсіпорынның материалдық-техникалық ресурстарымен материалдық-техникалық жабдықтау қызметтері қамтамасыз етеді. Олардың басты мақсаты-кәсіпорын бөлімшелерін қажетті мөлшерде және сапада ресурстардың қажетті түрлерімен уақтылы қамтамасыз ету, олардың минималды құны, қоймаларда тасымалдау мен сақтаудың минималды құны.

Кәсіпорынның логистикалық және техникалық жай-күйінің негізгі көрсеткіштеріне, олардың жұмысқа қабілеттілігін қолдауға және осыған байланысты қосалқы бөлшектерге қажеттілікке талдау жүргізілді, көліктердің қосалқы бөлшектермен қамтамасыз ету тақырыбына зерттеулерге талдау жүргізілді, ағымдағы. Зерттеудің мақсаты мен міндеттері айқындалды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

Экономика предприятия: учебник для вузов/под ред. проф. В.Я. Горфинкеля, проф. В.А. Швандара - 4-е изд. переработанное и дополненное. - М.: ЮНИТА-ДАНА, 2004.

Р.К. Горшков Организация коммерческой деятельности в строительстве: Учебное пособие. - М.:Экслибрис - Пресс. 2005.

Хазанова Л.Я. Логистика: методы и модели управления материальными потоками. - М.: Бек, 2003.

<http://www.concern.kz/about/activities/agriculture/258-selskoe-hozyaystvo.html>

ӘОК 300.952

ТОПСАЛЫ БІРІКТІРІЛГЕН ӨЗДІГІНЕН ЖҮРЕТІН МАШИНАЛАРДЫҢ БҰРУ ӘДІСІНІҢ НЕГІЗДЕМЕСІ

Бекенов Т.Н., Елеулиев Б.

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, (Нұр-Сұлтан), Қазақстан
(E-mail: tas-bek@mail.ru, eleuliev00@mail.ru)

Аннотация. Жылжымалы машиналарды бұрудың бірнеше әдісі белгілі, олардың арасында машинаның бөліктерін бұғу арқылы бұрылу әдісі орманды жерлерде және жол құрылысында тығыз, қиын жол жағдайлары үшін ең қолайлы болып табылады. Алайда, бұрылыстың бұл әдісі, басқалары сияқты, бірқатар кемшіліктерге ие. Осы мақалада топсалы біріктірілген машиналарды бұрудың жаңа әдісі ұсынылып, онда қойылған мақсат бөліктердің (секциялардың) салыстырмалы бұрылуы, жеке секцияның немесе машинаның екі бөлігінің айналу жылдамдығының өзгеруіне байланысты жүзеге асырылады. Топсалы біріктірілген машиналарды бұрудың бұл ұсынылған әдісі мақсатқа жетуге мүмкіндік береді-олардың маневрлігін арттыру және бұрылу үшін қуат шығындарын азайту, қолданыстағы машиналармен салыстырғанда тиімдірек және әртүрлі мақсаттағы жаңа топсалы біріктірілген машиналарды жасау кезінде пайдалануға ұсынылуы мүмкін.

Түйін сөздер: өздігінен жүретін машина, топсалы-біріктірілген конструкция, маневрлік, бұрылулылық.

Кіріспе. Алдыңғы және артқы секциялардан тұратын біріктірілген машиналарды бұрудың белгілі әдісі бар, олар салыстырмалы түрде бұрылу-бүктеу мүмкіндігімен байланысты, онда машина бөлімдерінің салыстырмалы бұрылуы-бүктелуі олардың арасында орнатылған арнайы гидрожүйеден басқарылатын қуатты гидравликалық цилиндрлер арқылы жүзеге асырылады. Алайда, бұл бұрылу әдісін қолдану қосымша жеткілікті, күрделі және қымбат рульдік гидрожүйені біріктірілген машинаға орнату қажеттілігіне әкеледі; көрсетілген гидрожүйемен дамитын жиналмалы моменттің максималды мәні атқарушы гидравликалық цилиндрлердің құрылымдық өлшемдерімен және қозғалтқыштан алынған қуат мөлшерімен шектеледі. Сонымен қатар, осы айналу әдісімен машина секцияларының бұрыштық бүктелу жылдамдығының максималды мәні салыстырмалы түрде аз, сонымен қатар рульдік гидравликалық жүйенің құрылымдық орналасуы мен қуаттылығымен шектелген. Сондай-ақ, бұл айналу әдісімен бүктеу моментінің шамасы гидравликалық цилиндр күшінің иініне байланысты екенін атап өткен жөн, ол секциялардың бүктеу бұрышының жоғарылауымен азаяды.

Топсалы қосылған мобильді машиналардың құрамындағы сілтемелер санының артуы олардың жалпы өлшемдерінің, массасының өсуіне, техникалық және пайдалану қасиеттерінің нашарлауына әкеледі-маневрлік, басқару, тұрақтылық және т.б. топсалы қосылған мобильді машиналардың маневрлік қасиеттерінің нашарлауы оларды қолдану тиімділігін төмендетеді, жүргізушілердің жоғары біліктілігін талап етеді. Топсалы қосылған мобильді машиналардың қозғалысы кезінде ең қиын нәрсе-кері қозғалысты қолдана отырып маневр жасау.

Топсалы қосылған мобильді машиналардың маневрлік қасиеттеріне дизайн параметрлері мен пайдалану шарттары әсер етеді. Маневрлікке әсер ететін құрылымдық параметрлерге пневматикалық шиналардың серпімді сипаттамалары, байланыстардың массалық-геометриялық сипаттамалары, топсалы қосылған мобильді машиналардың буындарын қосуға арналған аралық элементтер жатады. Көлденең күштердің әсерінен пневматикалық шиналарды бүйірден шығару тек қисық сызықты ғана емес, сонымен қатар түзу сызықты қозғалыс кезінде де мобильді машиналардың буындарының қозғалыс траекториясының өзгеруіне әкеледі. Топсалы қосылыстың болуы және сілтемелер арасындағы басқару байланыстарының болмауы мобильді машиналардың қозғалысы кезінде буындардың бүктелуіне әкеледі. Төмен ілінісу коэффициенті, жолдың көлденең және бойлық көлбеуі, маневр жылдамдығы сияқты жұмыс факторлары топсалы мобильді машиналардың буындарының біртіндеп бүктелуіне әкелуі мүмкін[1].

Алайда, бұл жағдайда да, біріктірілген машинаны бұру әдісі түбегейлі өзгермегендіктен, жоғарыда аталған әдіске тән кемшіліктер сақталады.

Топсалы қосылған мобильді машиналардың бүктелуге бейімділігін төмендететін жолдардың бірі-бүктелудің алдын алу үшін конструкцияға құрылғыларды енгізу арқылы байланыстардың өзара бұрылуына қарсы тұру сәтін жасау. Қолданыстағы зерттеу әдістері топсалы қосылған мобильді машиналардың қозғалыс сипатына, әсіресе олардың артқы жағында қозғалуына жол бермеу үшін құрылғылардың әсерін толық зерттеуге мүмкіндік бермейді. Бірқатар зерттеулерде мұндай құрылғыларды қолдану мүмкіндігі туралы қайшылықты ұсыныстар бар. Бүктелудің алдын алуға арналған құрылғылардың әзірленген конструкцияларын жасау және пайдалану қиын. Оларды қолдану топсалы-қосылған мобильді машиналардың буындарының ілінісу және ажырату уақытын арттырады[2].

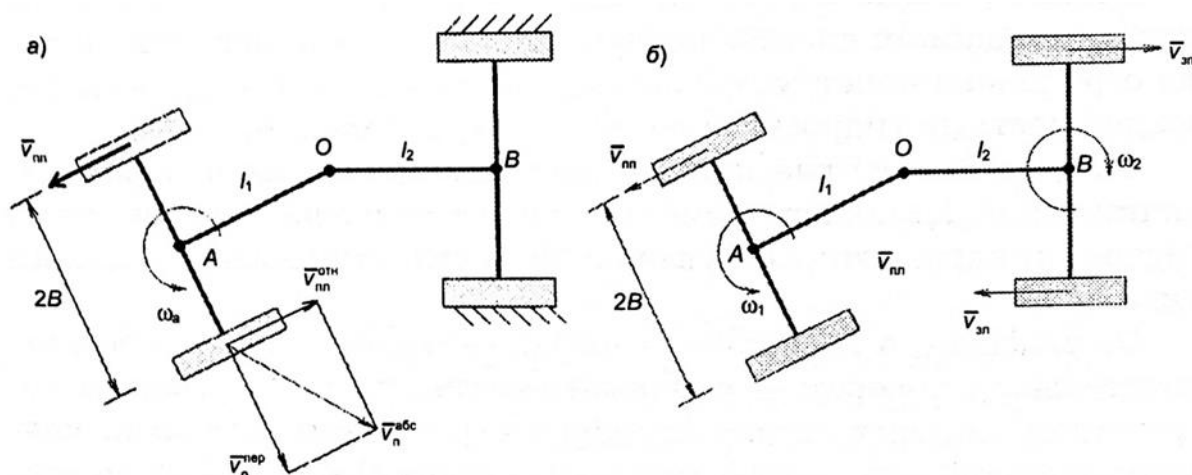
Зерттеудің мақсаты-маневрлікті арттыру және топсалы-біріктірілген машиналарды бұруға арналған қуат шығындарын азайту.

Мақсатқа топсалы-қосылған мобильді машиналардың буындарының өзара айналуына қарсылық моментін құру арқылы қол жеткізіледі.

Зерттеу нысаны-топсалы қосылған мобильді машинаның маневр жасау процесі.

Зерттеу тақырыбы-маневр жасау процесінде топсалы-қосылған мобильді машиналар байланыстарының өзара айналуына қарсылық моментінің әсері.

Зерттеу әдістемесі-математикалық модельдеу.
Техникалық шешімнің мәні 1-суретпен түсіндіріледі.



1-сурет. Доңғалақты қозғалтқышы бар біріктірілген машинаның бұрылу схемасы:
а-жылжымалы секцияны (моторлы) қозғалмайтын жүкке тарту; б-екі секцияны бір-біріне тарту

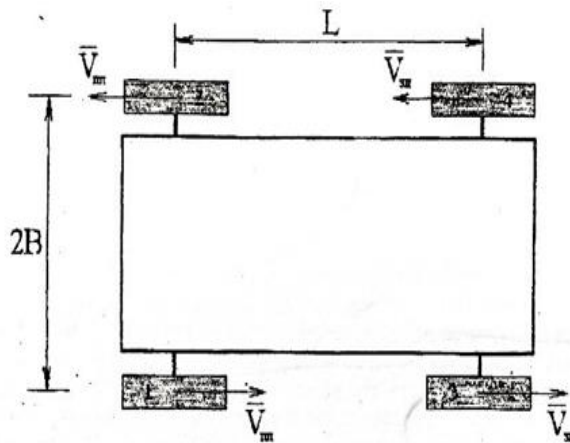
Жылжымалы секция қозғалмайтын бөлікке тартылған жағдайда біріктірілген машинаны бұру процесі 1-сурет а-дағыдай болады. Оператор белгілеген алдыңғы секция доңғалақтарының бұрыштық жылдамдығының шамалары мен бағыттарының, сондай - ақ олардағы моменттердің мәндерінің арасындағы айырмашылық айналу моментін тудырады, ал машинаның жылжымалы бөлімі қозғалыстың екі түріне қатысады: салыстырмалы - $V_{пл}^{отн}$ жылдамдығымен а нүктесіне қатысты және портативті - $V_{пл}^{пер}$ жылдамдығымен О нүктесіне қатысты. Содан кейін алынған жылдамдық векторы $V_n^{abc} = V_{пл}^{отн} + V_{пл}^{пер}$. Осылайша, алдыңғы бөлім бұрыштық жылдамдықпен ($\omega_A = \omega_{по} = V_{пл}^{отн}$) және $M_{пов}^0 = (P_K^{пл} + P_K^{пл})$ айналу моментімен бекітілген артқы жағына тартылады. Екі секция бір-біріне тартылған жағдайда біріктірілген машинаны бұру процесі, сурет. 1.б, жоғарыда сипатталғанға ұқсас. Машинаның әр бөлімінде өзіндік бұрыштық айналу жылдамдығы бар, бөлімдердің жалпы бұрыштық бүктеу жылдамдығы алдыңғы және артқы бөліктің бұрыштық айналу жылдамдығының қосындысына тең болады: $\omega_o = \omega_{по} + \omega_{зо}$.

Топсалы-біріктірілген машиналарды бұрудың ұсынылған әдісін қолдану, барлармен салыстырғанда, машинаның секцияларын бұру-бүктеу арқылы бұрылу әдісінің де, борттық схемаға сәйкес бұрылу әдісінің де оң қасиеттерін қорытындылауға мүмкіндік береді, бұл машинаның маневрлігін едәуір арттыруға және оны айналдыруға жұмсалатын қуат шығындарын азайтуға мүмкіндік береді[3]. Сонымен қатар, ұсынылған бұрылу әдісін қолдану біріктірілген машинаның дизайнын жеңілдетуге және оны жасау құнын төмендетуге мүмкіндік береді.

Доңғалақты машиналарды бұрудың ұсынылған және қолданыстағы әдістеріне салыстырмалы талдау біз осы машиналардың маневрлігін және олардың бұрылуын жүзеге асырудың жалпы қуат шығындарын бағалау тұрғысынан жүргіземіз, машинаның маневрлігі ретінде оның минималды айналу радиусының мәндерін, сондай-ақ бөлімдердің бұрыштық жылдамдығының шамасын түсінеміз[4].

Талданатын машиналардың ең аз айналу радиусы

Қарастырайық машиналар доңғалақты формула-4К4 талданған тәсілдермен бұрылу ұсынылған 2 және 3 суреттер. Сонымен қатар, қолданыстағы және ұсынылған бұрылу әдістері бар біріктірілген машина үшін жобалық схемалар ұқсас болады.



2-сурет. 4к4 доңғалақ формуласы машинасының бұрылу схемасы

L - базасы, машинаның ішінде, оларды машиналардың екі түріне де бірдей қабылдауға болады; l_1 және l_2 - біріктірілген машинаның алдыңғы және артқы бөлімдерінің ұзындығы, $l_1 = l_2$ маневрлік жағынан ең оңтайлы қатынас ретінде қабылданады.

$L = 4,0$ м, $B = 2,0$ м, содан кейін $l_1 = l_2 = 2,0$ м.

Тұрақты бұрылу режимін қарастырамыз. Содан кейін кинематикалық қатынастардан 3-суретті қарап алдыңғы R_1 және артқы R_2 осьтерінің орталықтарының траекториясын анықтауға болады:

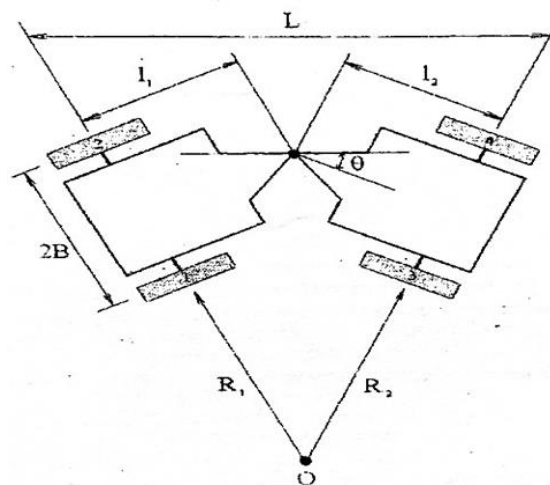
$$R_1 = \frac{l_1 \cos \theta + l_2}{\sin \theta} \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{l_1 + l_2 \cos \theta}{\sin \theta} \quad (2)$$

Немесе сыртқы дөңгелектер ізінің ортасында машинаның айналу радиусы:

$$R = \left(R_1 + \frac{B}{2} \right) = \left(R_2 + \frac{B}{2} \right) = \frac{l_1 \cos \theta + l_2}{\sin \theta} + \frac{B}{2} \quad (3)$$

Бастапқы деректерді алмастыра отырып, біз аламыз: $R = 5,3$ м.



3-сурет. 4к4 доңғалақ формулалы біріктірілген машинаның бұрылу схемасы

Талданатын машиналардың секцияларын бүктеудің бұрыштық жылдамдығы

Ең ауыр бұрылу режимін қарастырамыз-орнында бұрылу.

Қуатты гидроцилиндрлер арқылы бұрылысы бар топсалы-біріктірілген машина

Жартылай рамаларды бүктеудің бұрыштық жылдамдығы рульдік гидравликалық жүйенің қуат көрсеткіштерімен, қысым мен ондағы сұйықтықтың ағынымен анықталады (рад/с):

$$\omega_0 = \frac{\theta Q_{max}}{(V_{шт} + V_{6/шт}) 60}, \quad (4)$$

мұндағы: θ - бүктеу бұрышының максималды мәні секциялар, град;

Q_{max} - сорғылардың максималды берілуі, л / мин;

$V_{шт} + V_{6/шт}$ - бұрылыс гидроцилиндрлерінің жиынтық толтырылатын көлемі, л.

Осы өрнекті талдаудан көріп отырғанымыздай, жартылай рамалардың бұрыштық бүктеу жылдамдығы сорғылардың максималды берілу шамасына тура пропорционал және гидравликалық цилиндрлердің толтырылған жалпы көлеміне кері пропорционал. Сонымен қатар, машина неғұрлым ауыр жағдайларда жұмыс істесе, гидравликалық цилиндрлердің дамыған сәті соғұрлым жоғары болуы керек, егер гидравликалық жүйедегі қысым мөлшері шектеулі болса және белгілі бір бүктеу бұрышы қамтамасыз етілсе, ол гидравликалық цилиндрлердің жалпы көлемінің ұлғаюына тура пропорционал болады. Бұрылысты жүзеге асыру үшін қуат шығындарының артуы, машина массасының ұлғаюы және оның орналасу шешімдерінің нашарлауы.

Осылайша, қуатты гидравликалық цилиндрлер арқылы айналу әдісімен біріктірілген машинаның секцияларының бүктелу жылдамдығын арттыру мүмкіндігі айтарлықтай шектеулі. Салмағы 14000 ÷ 15000 кг біріктірілген машиналардың көпшілігінде сорғылардың максималды берілісі 200 л / мин, максималды қысым мөлшері 14,0 ÷ 15,0 МПа және бұрылыстың гидравликалық цилиндрлерінің жалпы көлемі 7,0 ÷ 10,0 л. Содан кейін машина бөлімдерін бір төтенше жағдайдан екінші позицияға бұру (шамамен 90 ÷ 100 градус бүктеу бұрышы) бұрылуға арналған қуат құны кезінде 35 ÷ 45% бұрыштық жылдамдықпен жүреді:

$$N = \frac{Q_{min} \cdot P_{max}}{450} \approx 67 \text{ кВт}$$

Ұсынылған бұрылу әдісімен біріктірілген машина

Көрсетілген машинаның әртүрлі айналу жағдайларын қарастыру:

• Жетекші-алдыңғы көпір, артқы жарты рама қозғалыссыз:

а) алдыңғы осьтің дөңгелектері қарама-қарсы бағытта айналады (1-сурет)

$$V_{п}^{abc} = V_{пл}^{отн} + V_{о}^{пер}, \quad (5)$$

$$V_{пл}^{отн} = I_{кол} + R_{кол}, \quad (6)$$

$$\omega_A = \frac{V_{пл}^{отн}}{B} \quad (7)$$

кезінде: $V = 1$ м/с и $B = 1$ м $\rightarrow \omega_A = 1$ рад/с ≈ 58 град/с,

$$\omega_A = \omega_{оп} \quad (8)$$

б) жетекші-тек алдыңғы оң доңғалақ

$$\omega_0 = V_{\text{пл}}/2B \quad (9)$$

кезінде: $V = 1 \text{ м/с}$ и $R = 1 \text{ м} \rightarrow \omega_0 = 0,5 \text{ рад/с} \approx 29 \text{ град/с}$.

• Жетекші-артқы білік, алдыңғы жарты рама бекітілген:

а) көпір дөңгелектері әртүрлі бағытта айналады

$$\omega_{30} = V/B \quad (10)$$

б) жетекші-тек артқы оң доңғалақ

$$\omega_{30} = V/2B \quad (11)$$

• Екі осьтің дөңгелектерін әртүрлі бағытта айналдыру арқылы бұру (2-сурет):

$$\omega_0 = \omega_{\text{по}} + \omega_{30} \quad (12)$$

$$\omega_0 = \frac{V_{\text{пл}}}{B} + \frac{V_{3\text{п}}}{B} = \frac{V_{\text{пл}} + V_{3\text{п}}}{B} \quad (13)$$

кезінде $V_{\text{пл}} = V_{3\text{п}}$

$$\omega_0 = \frac{2V_{\text{пл}}}{B} = 166 \text{ рад/с}$$

Ішкі дөңгелектерді ажыратқан кезде:

$$\omega_0 = \frac{V_{\text{пл}} + V_{3\text{п}}}{2B} \quad (14)$$

кезінде $V_{\text{пл}} = V_{3\text{п}}$

$$\omega_0 = \frac{V_{\text{пл}}}{B} = 58 \text{ рад/с}$$

Талданатын бұрылу тәсілдерін жүзеге асыруға арналған қуат шығындары

Қуатты гидроцилиндрлер арқылы айналу тәсілі бар топсалы-біріктірілген машина

Енді топсалы-біріктірілген машинаның бұрылуына кедергі моментінің мәнін қарастырайық $L = 4 \text{ м}$, $B = 2 \text{ м}$, $l_1 = l_2 = 2$ және $G = 14000 \text{ кг}$ минималды айналу радиусы бар ($R = 5,3 \text{ м} \rightarrow \theta = 50^\circ$). Қозғалыстағы біріктірілген машинаның бұрылысына қарсылық моменті әр секцияның динамикалық тепе-теңдік теңдеулер жүйесін топсадағы реакция шамасын және көпір орталықтарының абсолютті үдеулерінің арақатынасын ескере отырып шешу арқылы анықталады (3-сурет) және түпкілікті түрі бар:

$$M_{\text{п}} = \frac{X \cdot \theta + Y \sin \theta + Z}{\Phi \cdot m} \quad (15)$$

мұндағы,

$$X = m_1 m_2 \left[l_1 (V_2 - V_1 \cos \theta) + l_2 (V_2 \cos \theta - V_1) + \frac{J_1}{l_1} \left(\frac{V_1}{m_1} \cos \theta + \frac{V_2}{m_2} \right) - \frac{J_2}{l_1} \left(\frac{V_1}{m_1} + \frac{V_2}{m_2} \cos \theta \right) \right]$$

$$X = m_1 m_2 g f_{\text{п}} (1 - \cos \theta) (l_1 - l_2) + \frac{J_2}{l_2} g f_{\text{п}} (m_1 \cos \theta + m_2); \quad (17)$$

$$Z = r_{yd} g f_{np} \left[m_1^2 \left(\frac{l_2}{l_1} + \cos \theta \right) - m_2^2 \left(\frac{l_1}{l_2} + \cos \theta \right) + \frac{m_1 m_2 \cos^2 \theta (i_2^2 - i_1^2) + \sin^2 \theta (m_1 J_2 + m_2 J_1)}{l_1 l_2} \right]; \quad (18)$$

$$\Phi = 2 \cos \theta + \frac{l_1}{l_2} + \frac{l_2}{l_1} + \frac{\sin^2 \theta}{3 l_1 l_2} \left(\theta^2 - 2 \frac{m_1}{m} l_1^2 - 2 \frac{m_2}{m} l_2^2 \right) \quad (19)$$

мұндағы: $m = m_1 + m_2$ – машина массасы;

$J_i = \frac{m_i}{3} \left(\frac{B^2}{4} - l_i^2 \right)$ – инерция моменті; i – бөлімнің ауырлық центрінен өтетін тік оське қатысты машина бөлімі; V_1 және V_2 – машинаның көпір орталықтарының сызықтық жылдамдығы; r_{yd} – доңғалақтың айналу траекториясының радиусы, онда $f_{np} / f_{кр} = 2$;

f_{np} и $f_{кр}$ – түзу және қисық бұрылыс кедергісінің коэффициенттері.

Сондай-ақ, талдау топсалы-біріктірілген машиналардың маневрлігі тұрғысынан R_{min} мәні бойынша бұрылудың ұсынылған әдісі тиімді болып табылатындығын көрсетеді; секцияларды бүктеудің мүмкін болатын бұрыштық жылдамдығының шамасы қуатты гидравликалық цилиндрлер арқылы айналу әдісіне қарағанда едәуір жоғары (2-3 есе). Мұның бәрі айналу қажет ететін уақытты азайтуға мүмкіндік береді, бұл тұрақты маневр режимінде жұмыс істейтін циклдік машиналар үшін өте маңызды (тиегіштер, трактор және т.б.).

Ұсынылған бұрылу әдісі борттық бұрылу схемасымен салыстырғанда төмен және бұрылуға жұмсалған қуаттың біріктірілген машиналардың қолданыстағы бұрылу схемасымен салыстырылады. Алайда, біріктірілген машиналарды бұрудың ұсынылған әдісі қолданыстағы машиналармен салыстырғанда тиімдірек. Өйткені автономды гидрожүйемен машинаға қосымша бүктеу механизмін орнату қажет емес, машинаның дизайны жеңілдетіледі, оны жасау құны, техникалық қызмет көрсету және жөндеу шығындары азаяды, ең бастысы, машинаның қосымша гидрожүйесінің жұмысына арналған қозғалтқыш қуатының жоғалуы алынып тасталады, осылайша қозғалтқыш қуатының жалпы шығындары азаяды[5].

Сонымен қатар, ұсынылған бұрылу әдісінде машинаның салыстырмалы бұрылу-бүктелуі бұрыннан бар қозғалтқыш-беріліс қондырғысы мен машинаның жұмыс істейтін жүйесі арқылы жүзеге асырылады, бұл жиналмалы күш әсерінің иығын ұлғайту арқылы да, оның үлкен мүмкін мәндерінің арқасында жүзеге асырылатын айналу моментінің ықтимал мөлшерін едәуір арттырады.

Қорытынды. Топсалы-біріктірілген машиналарды бұрудың ұсынылған әдісі мақсатқа жетуге мүмкіндік береді-олардың маневрлігін арттыру және бұрылу үшін қуат шығындарын азайту, қолданыстағы машиналармен салыстырғанда тиімдірек және әртүрлі мақсаттағы жаңа біріктірілген машиналарды жасау кезінде пайдалануға ұсынылуы мүмкін.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі

1. А. с. №1772035, МКИ В 62D 53/02. Шарнирно-сочлененное транспортное средство / А.М. Кочнев, Г.М. Анисимов, Н.И. Сеницын (СССР). 4 с.
2. Брянский Ю.А. Исследование процесса поворота колесных тягачей с неповоротными колесами: Автореф. дис. канд. техн. наук. М.: МАДИ, 1962. 13 с.
3. Брянский Ю.А. Колесные тягачи с бортовой схемой поворота /Строительные и дорожные машины: Сб. ЦИНТИМАШ. М., 1961 №6. С. 21-26.
4. Оценка режимов работы и нагруженности гидросистемы рулевого управления трактора ТКЛ-1: Отчет о НИР / Северо-Западный филиал НАТИ. Д. 11/90-2186, № ГР 01910031618. Вырица, 1990. 183 с.
5. Шарнирно-сочленённые самосвалы [Электронный ресурс] URL: <http://promplace.ru/sharnirnosochlenenniy-samosval-633.htm> (дата обращения: 15.11.2014)