

ӘОЖ 625.033

<https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.57>

А. С. КАДЫРОВ¹, В. В. ГРАЧЕВ², Б. С. ДОНЕНБАЕВ¹, А. Ж.*КАРСАКОВА¹

¹Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан,
²Санкт-Петербург мемлекеттік Император Александр I Қатынас
жолдары университеті, Ресей
bahytshan09@mail.ru, karsakova84@mail.ru

ЖОЛ ЖӨНДЕЙТІН ВПО-3-3000 МАШИНАЛАРЫНЫҢ КӨТЕРГІШ- ТЕГІСТЕУ ҚҰРЫЛҒЫСЫ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ БЕРІКТІЛІК СИПАТТАМАЛАРЫН БЕЛГІЛЕУ

Бұл мақалада ВПО-3-3000 машиналарындағы магниттік қармауыштарды роликті қармауыштарға ауыстыру қарастырылады. Жаңашылдық жұмыс кезінде көтергіш-тегістеу құрылғыларының элементтеріндегі және рельстердегі кернеу мен деформацияны сипаттайтын тәуелділіктерді анықтаудан тұрады. ВПО-3-3000 жол төсегішінің көтергіш-тегістеу құрылғысының құрылымдық параметрлерін есептеу бағдарламасының сенімділігі көрсетілген. Көтергіш-тегістеу құрылғысының дизайны технологияның ұтымды параметрлерін және құрылғының жұмыс режимін таңдауға мүмкіндік береді. Дәл осы дизайн оны тегістеу машиналары үшін жұмыс органдарын дамытуда қолдану үшін ұсынылады. Мақалада Ansys WB бағдарламалық жасақтамасында оны пайдалану кезінде көтергіш-тегістеу құрылғысының құрылымдық элементтерінің беріктігін есептеу келтірілген.

Түйін сөздер: темір жол, таптау, балласт, роликті рельсті қармау, жолды жөндеу.

Темір жол инфрақұрылымы үлкен аумақты алып жатыр және оның күрделілігін, мүдделі тараптардың санын, ауа райы өзгерістерін және қозғалыс пен жолдың алдыңғы жағдайлары үшін әзірленген және әзірленген физикалық компоненттерді ескере отырып, көбінесе қиын қызмет көрсетіледі. Бұл инфрақұрылым әкімшілендіруді, техникалық қызмет көрсетуді, трафикті және жаңа инвестицияларды қоса алғанда, бірнеше компоненттерге бөлінген. Бұл жүйеде трассаның орталық бөлігі болып табылады. Барлық темір жол инфрақұрылымы жолда шоғырланған, сондықтан жақсы жолға қызмет көрсету маңызды. Сонымен қатар, техникалық қызмет көрсету үшін қол жетімділік, сенімділік және қауіпсіздік ескерілуі тиіс [1-2].

Поездар қозғалысының тығыз графиктері, ал жиі тұрақсыз поездар аралықтары бар жол жұмыстарын қысқа уақыт аралығында орындау қажеттігіне алып келеді. Осыған қарамастан, ауыр салмақты жүк немесе жоғары жылдамдықты жолау-

шылар поездарының айналым учаскелерінде рельстік жолтабан параметрлерінің тұрақтылығына және жолдың беріктілік сипаттамаларына қойылатын талаптар сақталуы тиіс. Бұл жаңа жол ресурсты үнемдейтін технологияларды енгізу қажеттілігін негіздейді.

Темір жолды пайдалану барысында балластың кірленуі орын алады. Қиыршықтас бөлшектерінің арасы бітеледі. Балласты бір мезгілде ылғалдандыру және ластау қиыршықтас арасында өзіндік майлаудың пайда болуына әкеледі. Нәтижесінде балласт қабаты өзінің өткізгіштік қабілетін жоғалтады.

Темір жол жөндеу кезінде қолданылатын ресурс үнемдеуші технологиялардың негізгі бағыттарының бірі қазіргі уақытта қиыршықтас балласт қабатын терең тазарту болып табылады [3].

Қазақстан темір жолдарының желісінде жолды түзету және балласты тығыздау үшін терең тазартудан кейін 55-тен астам ВПО-3-3000 түзету-қағу-өңдеу машиналары қолданылады.

Тула зауыты ЖАҚ «Тулажелдормаш» шығарған ВПО-3-3000 түзету-қағу-өңдеу машинасы қиыршықтасты терең тазалағаннан кейін балласт призмасын қалыптастыруды, нығыздауды және тұрақтандыруды қоса алғанда, жолды жөндеудің барлық түрлерінде қолданылады.

Машина жолды жөндеу және салу технологиялық процестерінің қорытынды жұмыстарының кешенін орындауға арналған (Сурет 1).



Сурет 1 – ВПО-3-3000 түзету-қағу-өңдеу машинасы

Қазіргі уақытта Ақадыр машиналандырылған дистанциясында көптеген жол машиналары пайдаланылады: мысал үшін машиналармен жабдықталуын 1-кестеде келтіреміз.

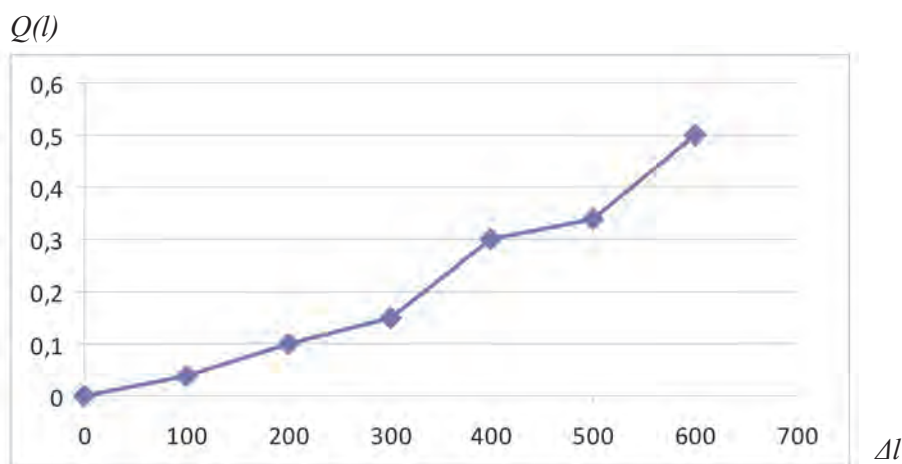
Кесте 1 – Ақадыр машиналандырылған дистанциясында қолданылатын машиналар саны

№ п/п	Атауы	Саны, дана
1	ВПО-3-3000 түзету-қағу-өңдеу машинасы	3
2	ЭЛБ-4С Балластирлеу машиналары	2
3	ВПр-1200 түзету-қағу-рихтовкалау	4
4	РБ рихтовка машинасы	2
5	ЩОМ қиыршық тас машинасы	3
6	Қар жинайтын және қар тазалайтын машинасы	5
7	МПД моторлы платформа	12
8	УК төсегіш крандар	7
	Барлығы	38 машина

ВПО-3-3000 машинасын пайдаланудың негізгі экономикалық тиімділігі теміржол учаскелерін пайдалану уақытын арттырудан тұрады. Жол жөндеу көп уақыт алған сайын, соғұрлым аз уақыт пайдаланылуда болады.

ВПО-3-3000 машинасының жұмыс уақыты, статистика көрсеткендей, жоспарланбаған жөндеу, сондай-ақ машиналарға жоспарлы-техникалық қызмет көрсету есебінен азаяды.

Бұл «терезе» кезінде жөндеулерге кететін уақыттың айтарлықтай ұзаруын, тасымалдау процесінің бұзылуын және барлық қызметтердегі экономикалық шығындарға ұшыратады (Сурет 2) [5].



Сурет 2 – l , км жолда $Q(l)$ электромагнит қармаулардың істен шығу ықтималдығының өзгеру графигі

ВПО-3-3000 машиналарында қолданылатын электромагниттік қармау сенімсіз және жиі істен шығуларға әкеледі (3-сурет).

Рельс торларын түсіру кезінде жұмыс органдарын қайта зарядтауға және торларды түзетуге қосымша уақыт қажет. Нәтижесінде тордың өнімділігі мен дәлдігі төмендейді.

Электромагниттік қармаудың рельс торларын тастауы бірнеше себептер бойынша болады. Балласт жолында магнитке металл қосындыларының жабысуы жүреді. Электрмагниттік өріс шашырайды, қармаудың көтеру күші азаяды. Рельс аймағындағы кеңістікті балластан тазарту қажет.



Сурет 3 – ВПО-3-3000 машинасының магниттік қармауы

ВПО-3-3000 жол машиналарының себебінен жұмыстағы ақауларды және техникалық құралдардың істен шығуын талдау машинаның әлсіз тораптарын жаңғырту қажеттігін көрсетті[5].

Жоспарланбаған істен шығуларды азайту және ВПО-3-3000 машиналарында сенімділігін арттыру үшін роликті қармауды қолдану ұсынылады, бұл машинаның жұмысын жеңілдетеді.

Роликтің қармау конструкциялары машинаның қысық жол учаскелері мен жолтабан енінің өзгеруіне қарамастан роликтердің кедергісіз өту мүмкіндігін қамтамасыз етуі тиіс[5].



Сурет 4 – Роликті рельстік қармау

Көтергіш машиналардың конструкциясын бағалаудың маңызды критерийлері олардың кернеулігін, деформативтілігін, көтергіш қабілетін және ұзақ мерзімділігін анықтайтын әр түрлі параметрлер бойынша қорлардың коэффициенттері болып табылады.

Жұмыс ресурстарының жоғарылауы жүктемелердің әсер ету ұзақтығының, сондай-ақ кейбір машиналар үшін жүктемелердің қайталану (циклдар) санының күрт ұлғаюына әкеледі.

Материалда ұзақ мерзімді статикалық және азциклды зақымданулардың жиналуы механизмдер мен машиналардың толығымен мерзімінен бұрын бұзылуына әкелуі мүмкін.

Беріктілік есебі кернеулер мен деформацияларды дәл бағалауға, кернеулер шоғырлануын есепке алуға, жүктеудің ұқсас жағдайларында материалдың қасиеттерін білуге және зақымданулардың жинақталуы туралы қазіргі заманғы түсініктерді пайдалануға негізделуі тиіс.

Кеңістіктік кернеулі жағдайды зерттеу серпімді пластикалық есепті шешудің жақсы әзірленген рәсімдерін іске асыруға мүмкіндік беретін соңғы элементтер әдісін (СЭӘ) әзірлеуге және САЕ жүйелерін енгізуге байланысты мүмкін болды. Осы мақсат үшін ЭЕМ-де іске асырылатын есептеудің нақтыланған әдістері әзірленді.

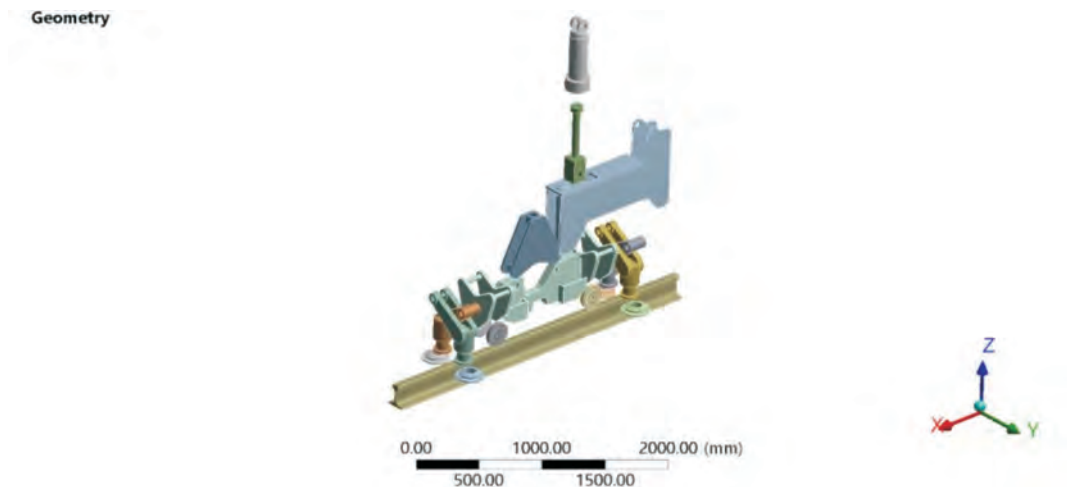
Көтергіш машиналардың конструкциясын жобалау кезінде конструктор жаңа немесе белгілі конструкцияны түрлендіре отырып, өз тәжірибесіне сүйенеді, содан кейін беріктікке тексеру есебін жүзеге асырады. Бұл есептеулерді бірнеше рет қайталауға әкеледі және ең жақсы нұсқаны таңдау кезінде айтарлықтай шығындарды талап етеді. ЭЕМ-де автоматты жобалау жүйесі түрінде іске асырылған жұмыс шарттары мен беріктілік талаптарын ескере отырып, көтеру-тегістеу құрылғысын есептеу әдісін әзірлеу өзекті міндет болып табылады. Бұл шешім беріктікке, қаттылыққа, конструкцияның жұмыс параметрлеріне және оңтайлы жобалау кезінде материалдың сипаттамаларына қойылатын әр түрлі талаптардың өзара байланысын анықтауға мүмкіндік береді. Жобалау тек жұмыс диапазонындағы критикалық жүктемеден ауытқуы бар машиналардың статикалық, сондай-ақ динамикалық сипаттамаларын есепке алуды болжайды. Жобалау тек жұмыс диапазонындағы критикалық жүктемеден ауытқуы бар машиналардың статикалық, сондай-ақ динамикалық сипаттамаларын есепке алуды болжайды. Осыған байланысты бастапқыда конструкцияның беріктігі мен қаттылығына есеп жүргізу қажет [4,5].

Көтергіш машиналар конструкциясы элементтерінің беріктігін бағалауда зерттеудің эксперименталды әдістері маңызды болып табылады. Негізгісі болып тәжірибелік стендтерде конструкция элементтерін сынау болып табылады. Стендтерді автоматты басқару жүйелері циклдық жүктемелерді жасауға мүмкіндік береді, бұл арқылы конструкциялардың беріктігін зерттей аламыз.

Мұндай сынақтар жүктеу циклінің түрін, циклдардың санын, беріктік қорын және тағы басқа анықтауға байланысты қосымша есептерді жүргізуді талап етеді.

Сандық және талдамалық зерттеулер негізінде жасалған ғылыми және өндірістік практикада қолданылатын беріктікті бағалау әдістері қандай да бір қосымша эксперименталдық зерттеулерсіз сенімді болмайды.

Оның ішінде Ansys WB бағдарламалық кешенінде жұмыс істеу кезінде көтеріп-тегістеу конструкциясы элементтерінің беріктігіне есеп берілген. Ол үшін Static Structural модулінде көтеріп-тегістеу құрылғысы конструкциясының үш өлшемді моделі құрылған (5-сурет). Static Structural жобасы алты бөлімнен тұрады: geometry, materials, coordinate systems, connections, mesh, static structural.



Сурет 5 – Үшөлшемді көтеріп-тегістеу құрылғысының моделі

Geometry бөліміне конструкцияның әрбір торабына материалдар берілетін үш өлшемді (бір өлшемді, екі өлшемді) модель жүктеледі. Сонымен қатар, материалдың түрін өзгертуге болады, яғни деформацияланатын немесе мүлдем қатты.

Materials бөлімінде материал параметрлерін тікелей көру және өзгерту мүмкіндігі пайда болады.

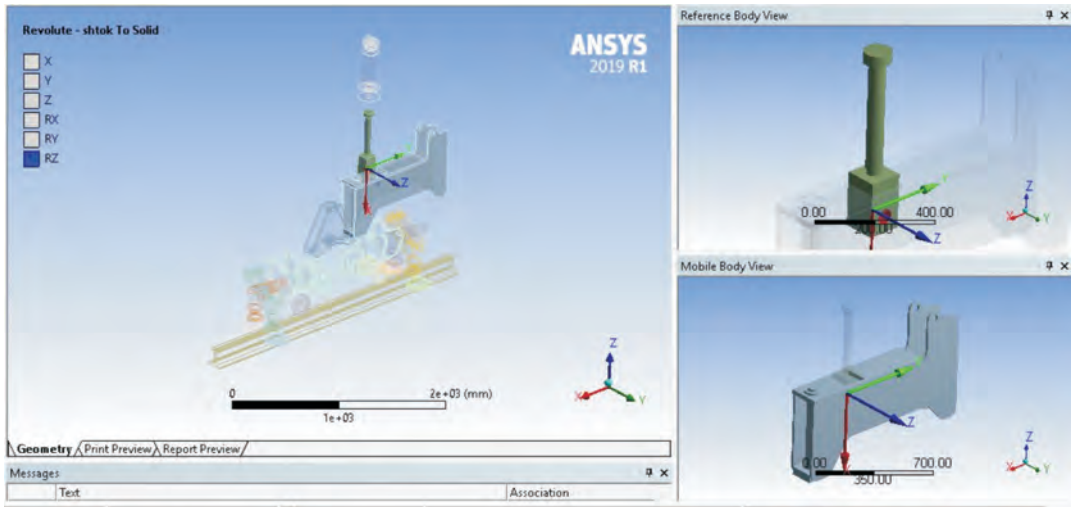
Coordinate systems тармағы декарттық және цилиндрлік координаттар жүйесін ауыстырып, координаттар жүйесін қоюға және түзетуге (жылжытуға, бұруға) мүмкіндік береді.

Модельде бір-бірімен байланыс бар, бұл сызықты емес есептерді шешуге әкеледі. Барлық сызықты емес есептер мәселесі шешімдердің табылмауына алып келеді. Есептің шешімінің жинақталуын жақсарту үшін бекітілмеген денелердің қозғалысын жою қажет. Яғни есептеуге дейін жанасуға тиіс барлық бөлшектер арасындағы байланыстың болуын қамтамасыз ету қажет. Бұл денелерді жылжыту, жанасқан беттерді жылжыту (contact offset) немесе демпфирлеу механизмін (stabilization damping) қолдану, сондай-ақ жанасқан беттерге үйкеліс беру арқылы қол жеткізіледі.

Егер де есептеу ұқсастығы болмаса, онда жанасқан элементтердің қаттылығын азайту керек (жүктеменің бірқалыпты қосымшасы және жанасқан жұптардың қаттылығын төмендету есептеу ұқсастығына байланысты 90% мәселелерді шешуді қамтамасыз етеді) немесе есептеу кезінде жанасу санын өзгеретін элементтердің үлесін азайту үшін жанасқан аймақтағы торды нығыздау қажет.

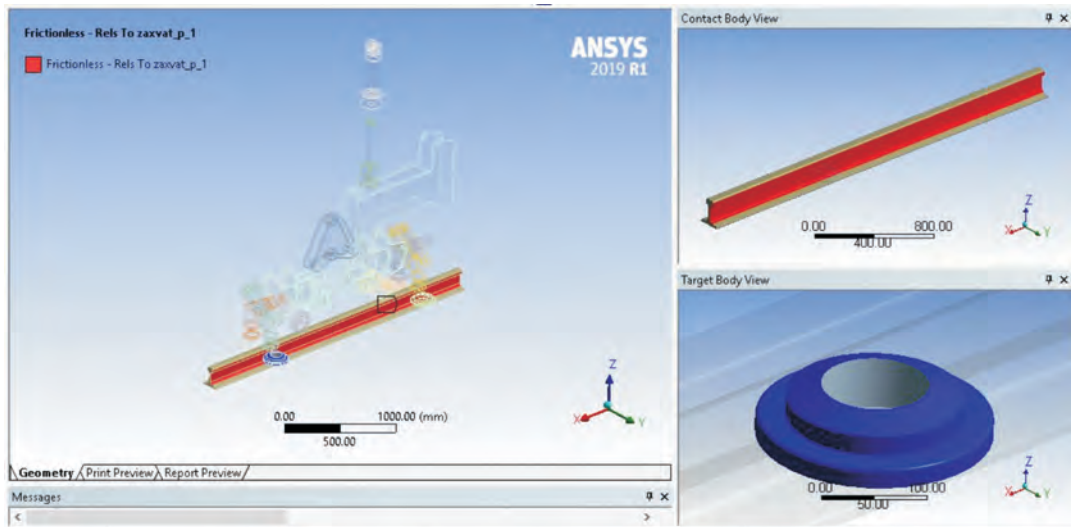
Үшөлшемді модельді құру осы модульдің Geometry бөлімінде жүзеге асырылды. Координаттарды ауыстыру тәсілдері мен Буль операциялары қолданылды.

Connections ортасында (joint) бірігулерін жүйелеп түзету (6 сурет) және байланыс жұптары (contacts) (7 сурет).



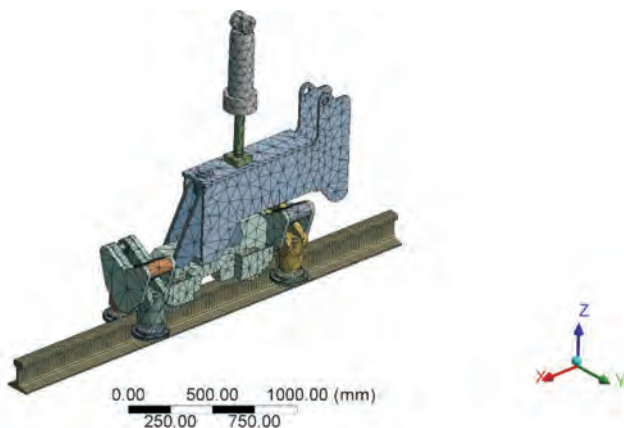
Сурет 6 – Байланыстарды жүйелі өзгерту

Қосылысты жүйелі өзгергі еркіндік дәрежелерінің сипаты бойынша жүргізіледі.



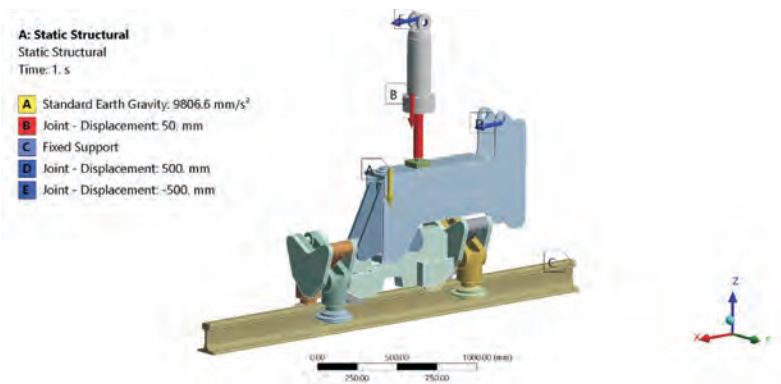
Сурет 7 – Байланыс жұптарын жүйелі өзгерту

Байланыс жұптарында Р75 рельсі мен қармау ролигі арасындағы үйкеліс коэффициенті 0,05-ке тең. Mesh бөлімінде соңғы элементтерге бөлу жүреді (8-сурет). Бұл орта қосымша параметрлерді талап етеді. Соңғы элементтер (СЭ) түйіспелі элементтерінде тор есептің жинақталуын жақсарту үшін ұсақталған [5].



Сурет 8 – Көтеріп-тегістеу құрылғысының соңғы элементтік торы

Одан әрі static structural ортасында конструкцияның шекаралық шарттарын орнатамыз (9-сурет).



Сурет 9 – Конструкцияның шектік шарттары

Төменде 10-суретте сызықсыз есептің жинақталу кестесі көрсетілген.



Сурет 10 – Сызықты емес есептің ұқсастық кестесі

Есептеу нәтижесінде көтеріп-тегістеу құрылғысын пайдалану процесінде элементтерде Мизес бойынша кернеудің өзгеру және деформация сипаты алынды.

Бұл кернеуді Р75 рельсінің қысымын күшейтумен өзгертуге болады. Жалпы, көтеріп-тегістеу конструкциясының беріктігі мен қаттылығы қамтамасыз етілген.

Қорытынды.

1. Сзықсыз (байланысты) тапсырманың жинақталуына бекітілмеген денелердің қозғалысын жою, байланыстағы элементтердің қаттылығын азайту, сондай-ақ байланыс аймағында СЭ тығыздау арқылы қол жеткізіледі;

2. Ғылыми және өндірістік практикада қолданылатын беріктікке сандық және талдамалық бағалау қандай да бір қосымша эксперименттік зерттеулерсіз сенімді бола алмайды;

3. Материалда ұзақ мерзімді статикалық және азциклды зақымданулардың жиналуы машиналардың уақытынан бұрын бұзылуына әкелуі мүмкін;

4. Бірінші рет көтеру-тегістеу құрылғысының кеңістіктік кернеулі-деформацияланған жағдайы зерттелді;

5. Көтеру-тегістеу құрылғысының беріктігі мен қаттылығы жалпы қамтамасыз етілген.

ӘДЕБИЕТ

- 1 Крейнис З.Л., Певзнер В.О. Железнодорожный путь. Учебник. – М.: ГОУ «Учебнометодический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. – 432. с. [Krejnis Z.L., Pevzner V.O. Zheleznodorozhnyj put'. Uchebnik. – М.: GOU «Uchebnometodicheskij centr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte», 2009. – S. 431.]
- 2 Содержание балластной призмы железнодорожного пути. / Е.С. Варызгин, Б.Н. Бондаренков, А.Н. Марготьев, В.Ф. Федулов; Под ред. Е.С.Варызгина. – М.: Транспорт, 1978. – 142 с. 35. Новые путевые машины (Подбивочно-выправочные и рихтовочная ВПР1200, ВПРС-500 и Р-2000) / Ю.П. [Soderzhanie ballastnoj prizmy zheleznodorozhnogo puti. / E.S. Varyzgin, B.N. Bondarenkov, A.N. Margot'ev, V.F. Fedulov; Pod red. E.S.Varyzgina. – М.: Transport, 1978. – 142 S. 35. Novye putevye mashiny (Podbivochno-vypravochnye i rihtovochnaya VPR1200, VPRS-500 i R-2000)]
3. Сырейщиков Е.С., Дмитриев Е.А., Лукин А.К. Селищев; Под ред. Ю.П. Сырейщикова. – М.: Транспорт, 1984. – 317 с. [Syrejshchikov E.S., Dmitriev E.A., Lukin A.K. Selishchev; Pod red. YU.P. Syrejshchikova. – М.: Transport, 1984. – S. 317.]
4. Гребенников, М. Н. Теории прочности. Сложное сопротивление [Текст]: учеб. пособие / М. Н. Гребенников, Н. И. Пекельный. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2016. – 140 с. [Grebennikov, M. N. Teorii prochnosti. Slozhnoe soprotivlenie [Tekst]: ucheb. posobie / M. N. Grebennikov, N. I. Pekel'nyj. – Н.: Нас. aerokosm. un-t im. N. E. Zhukovskogo «Har'k. aviac. in-t», 2016. – S. 140.]
5. Adil Kadyrov, Akbopе Karsakov, Bakytzhan Donenbayev, & Kyrmyzy Balabekova. (2020). Establishing the strength characteristics of the lifting-leveling device structures of the VPO-3-3000 machines for the track straightening», munikacie. Communications. Scientific letters of the Zilina. №4.2020.Vol.22. <https://doi.org/10.26552/com.C.2020.4.70-79>.

A. S. KADYROV¹, V. V. GRACHEV², B. S. DONENBAEV¹, A. ZH. KARSAKOVA¹

¹Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan,

²St. Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I, Russia

ESTABLISHMENT OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF STRUCTURES OF THE LIFTING AND GRINDING DEVICE OF ROAD REPAIR MACHINES VPO-3-3000

The This article deals with the replacement of the magnetic grippers on the VPO-3-3000 machines with roller grippers. The novelty lies in the establishment of dependences characterizing stress and strain in the elements of the lifting and straightening devices and in the rails during the operation. Reliability of the program for calculating the structural parameters of the lifting and straightening device for the VPO-3-3000 track renewal machine is shown. The developed design of the lifting and straightening device makes it possible to select the rational parameters of the technology and the operating mode of the device. It This design is recommended to for use it when developing working bodies for the straightening machines. The article presents the calculation of the lifting and straightening device structural elements' strength during its operation, in the Ansys WB software package.

Keywords: railway track, tamping, ballast, roller rail gripper, track repair

А.С. КАДЫРОВ¹, В.В. ГРАЧЕВ², Б.С. ДОНЕНБАЕВ¹, А.Ж. КАРСАКОВА¹

¹Карагандинский технический университет, Караганда, Казахстан,

²Петербургский государственный университет Путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, Россия

УСТАНОВЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИЙ ПОДЪЕМНО-ШЛИФОВАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА МАШИН ДОРОЖНО-РЕМОНТНЫХ ВПО-3-3000

В данной статье рассматривается замена магнитных захватов машин ВПО-3-3000 на роликовые захваты. Новизна заключается в установлении зависимостей, характеризующих напряжения и деформации в элементах подъемно-рихтовочных устройств и в рельсах в процессе эксплуатации. Показана надежность программы расчета конструктивных параметров подъемно-рихтовочного устройства машины ВПО-3-3000. Разработанная конструкция подъемно-рихтовочного устройства позволяет выбрать рациональные параметры технологии и режим работы устройства. Именно эта конструкция рекомендуется для использования ее при разработке рабочих органов для выправочных машин. В статье представлен расчет прочности элементов конструкции подъемно-рихтовочного устройства при его эксплуатации в программном комплексе Ansys WB.

Ключевые слова: железнодорожный путь, трамбовка, балласт, роликовый рельсовый захват, ремонт пути.