

### БАҒДАРЛАМАЛЫҚ КЕШЕНДЕРДІ ПАЙДАЛАНУМЕН ВАГОНДАР ДИНАМИКАСЫН АНЫҚТАУ

**Мусаев Жанат Султанбекович** – т.ғ.д., профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; Zh.musaev@kazatk.kz;

**Туркебаев Мукангали Жамбулович**, т.ғ.к., доцент, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, m.turkebayev@kazatk.kz;

**Маханова Айжан Курпешовна**, оқытушы, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, mahanova.2012@mail.ru

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВАГОНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

**Мусаев Жанат Султанбекович**, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан; Zh.musaev@kazatk.kz;

**Ивановцева Наталья Викторовна**, к.т.н., доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы,Казахстан, n.ivanovceva@kazatk.kz;

**Маханова Айжан Курпешовна**, преподаватель, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г.Алматы,Казахстан, mahanova.2012@mail.ru

**Аннотация.** При помощи математического и численного моделирования рассчитываются характеристики плавности хода, критические скорости движения, динамические нагрузки, определяющие прочность и ресурс составных частей, значения критериев устойчивости движения и т.д. Правильно проведенные расчёты позволяют вскрывать довольно сложную природу происходящих в транспортных вагонах динамических процессов и определять конструктивные мероприятия, при которых сводятся к минимуму вредные последствия вибраций или оптимизируются условия их эксплуатации.

В данной статье представлен краткий обзор по основам двух методик моделирования колебательных процессов вагонов, которые наиболее широко используются в настоящее время в инженерных расчётах: MATLAB и MEDYNA.

В последнее время для моделирования динамических процессов в транспортных вагонах нашли широкое применение несколько видов, так называемых закрытых программных комплексов, которые отличаются от комплекса MatLAB тем, что пользователь освобождён от составления дифференциальных уравнений, расчёта коэффициентов, процедур линеаризации, обработки полученных результатов компьютерного моделирования и т.п. Все эти процедуры выполняются комплексами самостоятельно, с помощью неизменяемых (закрытых) программ. На железнодорожном транспорте некоторых стран мира, всё более широкое применение находит программный комплекс MEDYNA, который реализует разнообразные модели описания контакта между колесом и рельсом и процедур численного анализа динамических процессов.

**Ключевые слова:** вагон, динамика, исследование, моделирование, программный комплекс, анализ.

---

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev  
ISSN 1609-1817. Vol. 116, No.1 (2021), pp.76-82

### TRANSFORMATION OF CALCULATION MODELS IN THE STUDY OF SMOOTH RUNNING OF FREIGHT CARS

**Zhanat Musaev**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; Zh.musaev@kazatk.kz

**Mukangali Turkebaev**, Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; m.turkebayev@kazatk.kz

**Suleyeva Nurgul**, Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** This article discusses the possible transformation of the design schemes of bodies in the study of smooth running on the example of the main types of cars.

It is shown that the peculiarity of the choice of the design scheme for a car with an elastic body and load is to justify the feasibility of taking into account the bending vibrations of the body with the

load, and in General, the elastic body has an infinite number of degrees of freedom. In practice, when calculating the parameters of spring suspension of a car, it is advisable to take into account only the first tone of bending vibrations of the body, the stiffness of elastic gaskets in the axle box nodes is at least 200 MN/m. In this case, the vibrations of the side frames of the bogies practically do not affect the low-frequency vibrations of the body.

The analysis performed in the article shows that the presence of liquid cargo changes the structure of the dynamic system, adding degrees of freedom to it, and the solution of the tasks is complicated when justifying the graphic model of the car body in the form of an elastic tank with incomplete filling with liquid cargo, installed on elastic suspension.

In General, the most complex dynamic systems are soft tanks with liquid loads placed in the car bodies.

The article considers the features of drawing up graphic models when studying the dynamic qualities of freight cars of various models.

**Keywords:** freight car, design scheme, analysis, research, dynamic characteristics, smooth running.

ӘОЖ 629.463.013

10.52167/1609-1817-2021-116-1-76-82

**Ж.С. Мусаев<sup>1</sup>, М.Ж. Туркебаев<sup>1</sup>, Н.З. Сүлеева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

### **ЖҮК ВАГОНДАРЫНЫҢ БІРҚАЛЫПТЫ ЖҮРІСІН ЗЕРТТЕУ КЕЗІНДЕ ЕСЕПТЕУ МОДЕЛЬДЕРІНІҢ МҮМКІН ӨЗГЕРІСТЕРІ**

**Аңдатпа.** Бұл мақалада вагондардың негізгі түрлерінің мысалында бірқалыпты жүрісті зерттеу кезінде шанақтарды жобалау схемаларын мүмкін түрлендіру туралы айтылады.

Серпімді корпусы мен жүктемесі бар вагондардың конструктивті схемасын таңдаудың ерекшелігі дененің жүктемемен иілу тербелістерін ескерудің орындылығын негіздеу болып табылады, ал жалпы жағдайда серпімді дененің шексіз еркіндік дәрежесі болады. Іс жүзінде вагондардың серіппелі аспасының параметрлерін есептеу кезінде дененің иілу тербелісінің бірінші тонын ғана ескерген жөн; осьтік қораптардағы серпімді тығыздағыштардың қаттылығы кем дегенде 200 МН/м құрайды. Бұл жағдайда арбашалардың бүйір раманың тербелісі шанағының төмен жиілікті тербелісіне іс жүзінде әсер етпейді.

Мақалада жүргізілген талдау сұйық жүктің болуы динамикалық жүйенің құрылымын өзгертетінін, оған еркіндік дәрежесін қосатындығын және вагон корпусының графикалық моделін негіздеу кезінде міндеттерді шешу күрделене түсетінін көрсетеді толық толтырылмаған сұйық жүктемесі бар серпімді резервуар, серпімді ілуге орнатылған.

Жалпы жағдайда, ең күрделі динамикалық жүйелер вагондардың шанағына орналастырылған сұйық жүктері бар икемді резервуарлар болып табылады.

Мақалада әртүрлі модельдегі жүк вагондарының динамикалық қасиеттерін зерттеу кезінде графикалық модельдерді құру ерекшеліктері қарастырылады.

**Түйінді сөздер:** жүк вагоны, есептеу схемасы, талдау, зерттеу, динамикалық сипаттамалар, жүрістің тегістігі

Тасымалданатын жүктердің ілулі және қозғалғыштығының өзгермелі параметрлері бар әртүрлі зерттеушілер берген вагондар динамикасын талдау нәтижелері бірқатар қолданбалы

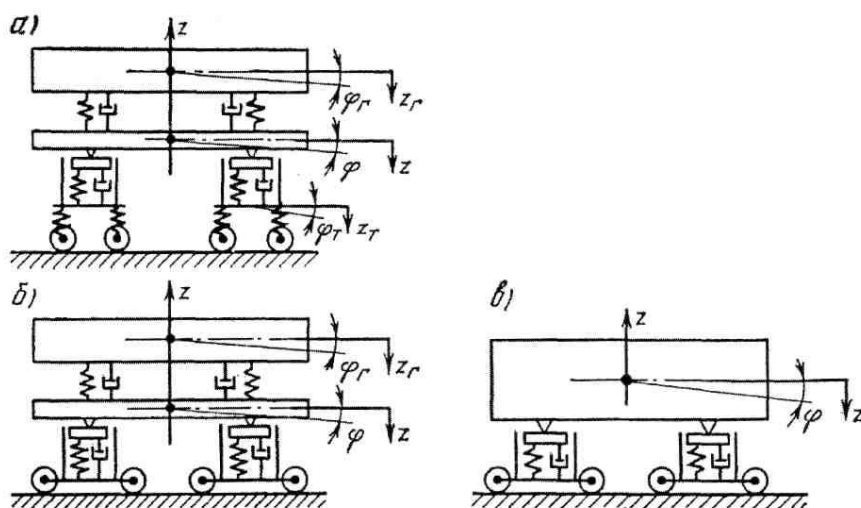
мәселелерді шешу жолдарын анықтауға мүмкіндік береді [1, 2]. Бұл мақалада қаретканың тегістігін зерттеу кезінде денелердің жобалық схемаларының мүмкін болатын өзгеруі ғана көрсетілген.

Есепті сұлбалардың мүмкін түрленуін вагондардың негізгі типтері үшін арналған бірқатар мысалдарда қарастырамыз.

Мысалы, деформацияланбайтын шанағы мен жылжымалы қатты жүгі бар төрт өсті вагонның астында орталық іліністі арбаша мен буксалық торапта серпінді төсеніштері бар арбашалар қолданылады. Рессор асты бөліктердің тік динамикасын зерттеу үшін арналған мұндай вагонның графикалық үлгісін сәйкес байланыстармен қосылған қатты денелер жинағынан тұратын механикалық жүйе ретінде алуға болады (1-сурет).

Жүйе өте күрделі болып шығады, бірақ, нақты бастапқы жағдайлар үшін жүйе түрленуі мүмкін.

Буксалық тораптарда серпінді төсеніштер қаттылығы 200 МН/м кем емес деп алайық. Бұл жағдайда арбашалардың бүйірлік рамасының тербелістері шанақтың төмен жиілікті тербелістеріне әсер етпейді, және есепті сұлба 1, б-суретінде келтірілгендей түрге ұқсатады. Сұлбаның құрылымның ары қарай өзгерісі іліністегі жүк пен шанақтың тербеліс жиіліктерін және қоздыру күштерін салыстыру кезінде мүмкін. Вагон мен жүктің шынайы параметрлерін қолдана отырып, олардың тербелістерінің жиіліктерін белгілі тәуелділіктер бойынша анықтауға болады. Егер, осы жиіліктердің қатынасы  $\geq 2$  болса, онда есепті сұлба қарапайым түрге келтірілуі мүмкін (1, в-сурет).



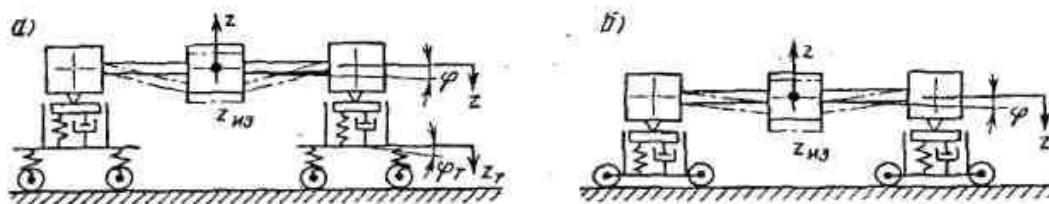
1 - сурет. Жылжымалы қатты денелерді тасымалдау кезінде вагонның графикалық үлгісінен түрлену

Figure 1. Transformation from a graphical model of a wagon for the transport of moving solid cargo

Серпінді шанағы мен жүгі бар вагон үшін есепті сұлбаны таңдау ерекшелігі жүгі бар шанақтың майысу тербелісін ескеру маңыздылығын түсіндіруге негізделген. Жалпы жағдайда серпінді шанақтың еркіндік дәрежесінің саны шексіз. Алайда, вагонның рессорлық ілініс параметрлерін есептеуде шанақтың майысу тербелісінің бірінші түрін ғана ескерген жөн. Онда вагонның есепті сұлбасы 2-суретте келтірілгендей болады.

Іліністің есепті сұлбасын жеңілдету кезінде арбашаның рамасының

тербелістері серпінді шанақтың майысу тербелістерімен өзара әсерлесу мүмкін екенін ескеру қажет. Серпінді төсеніштердің параметрлерін алдыңғы мысалдағыдай қабылдап, вагонның есепті сұлбасын жеңілдетуге болады (2, б-сурет). Графикалық үлгінің ары қарай түрленуі мүмкін, егер, шанақтың майысу тербелісінің бірінші түрінің жиілігі вагонның жеке секіру жиілігінен 1,8-2 есе үлкен болса.



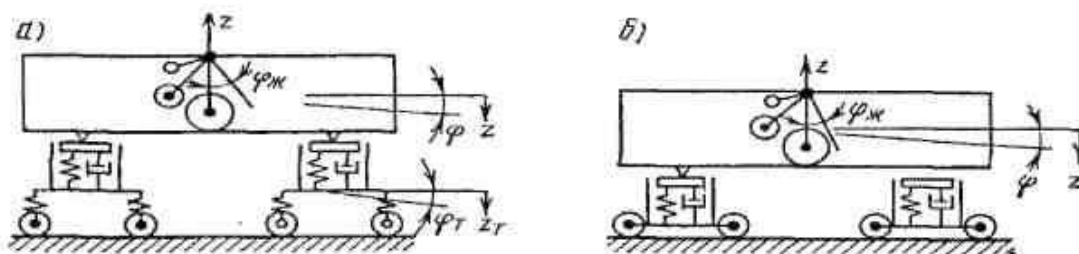
2 - сурет. Серпінді шанағы бар вагонның графикалық үлгісінің түрленуі  
Figure 2. Transformation of a graphic model of a car with an elastic body

Майысу тербелістерінің ілініс деформациясына әсерін елемеуге болады, ал вагонның есепті сұлбасын қарапайым түрге келтіру керек (1, в-сурет).

Сұйық жүктің болуы динамикалық жүйенің құрылымын еркіндік дәрежесін қоса отырып, өзгертеді. Жалпы жағдайда вагонның есепті сұлбасының еркіндік дәреже саны шексіз. Тәжірибелік зерттеулер нәтижелерін қолданып, сұйық жүк механикалық ұқсас жүкпен – маятниктер жинағымен ауыстырылуы мүмкін (3-сурет,  $\varphi_{ж}, \varphi, z$  - жалпыландырылған координаттар), олар

сұйық жүктің еркін бетінің алғашқы үш тақ түрінің ұқсастығы болып табылады.

Буксалық торапта серпінді төсеншітер параметрлерін алдыңғы жағдайлардағыдай қолданып, есепті сұлбаны қарапайым түрге келтіруге болады (3, б-сурет). Графикалық үлгінің мұндай түрленуі әбден мүмкін, себебі, сұйық жүктің тербелісінің рессорлық ілініс деформациясына әсерін амплитудалы-жиілікті сипаттаманың төмен жиілікті облысында ғана күту қажет. Егер, резервуарларды толтыру шамасына шек енгізіп, немесе жүктің тұтқырлығын арттырсақ, есепті сұлбаның ары қарай түрленуі мүмкін.



3 - сурет. Сұйық жүгі бар вагонның графикалық үлгісінің түрленуі  
Figure 3. Transformation of a graphic model of a car with liquid cargo

Ол сұйық жүкті тепе тең қатты денеге ауыстыруға, ал сұлбаны қарапайым түрге келтіруге мүмкіндік береді (1, в-сурет).

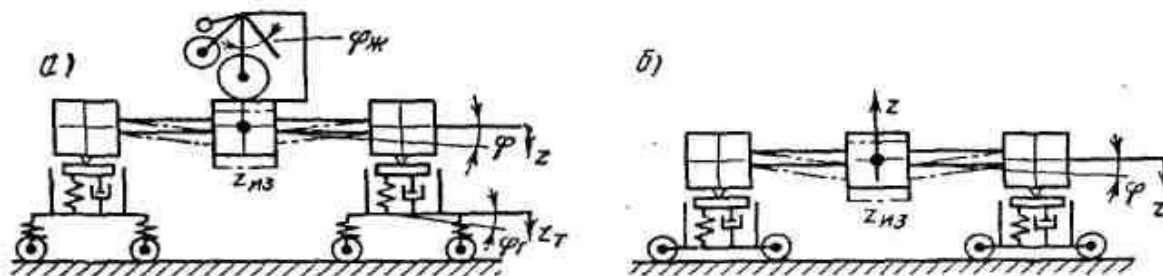
Бұдан қиын тапсырмаларды серпінді ілініске орнатылған сұйық жүкпен толық толтырылмаған серпінді резервуар түрінде вагон шанағының графикалық үлгісін түсіндіру кезінде шешуге тура келеді. Тәжірибелік зерттеулердің нәтижелерін қолданып, есепті сұлбаны 4-суреттегідей түрге келтіруге болады.

Мұнда іліністегі вагон тербелісіне тек қана сұйық жүктің (сұлбада маятниктер түрінде бейнеленген) еркін бетіндегі сызықты және сызықты емес тербелістердің алғашқы үш түрі және серпінді шанақтың майысу тербелісінің бірінші түрі әсер ете алады.

Есепті сұлбаның ары қарай түрленуі нақты жағдайларда қарастырылған жағдайлардағыдай дәл сондай шектеулер енгізу кезінде жүзеге асырылады. Сұлбада (4., б-сурет) толтырмау дәрежесі

шектелген және сұйық жүк тепе тең қатты денемен ауыстырылған, ал егер, шанақтың майысу тербелісінің бірінші түрінің

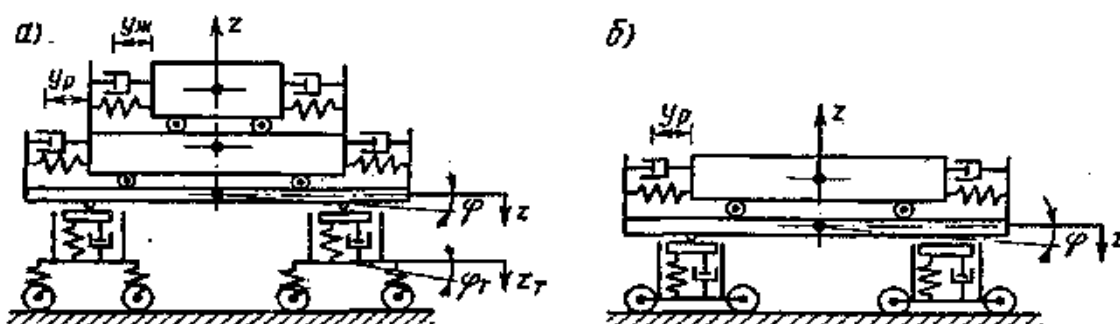
жиілігін іліністегі вагонның секіру жиілігінен 2 есе үлкен деп қабылдасақ, онда сұлба жеңілдейді 1, в-сурет.



4 - сурет. Серпінді шанағы мен сұйық жүгі бар вагонның графикалық үлгісінің түрленуі  
Figure 4. Transformation of a graphic model of a car with an elastic body and liquid cargo

Вагон шанағында орналасқан сұйық жүгі бар жұмсақ резервуарлар жалпы жағдайда өте күрделі динамикалық жүйе болып табылады. Алайда, есептеулердің

тар бағытталуы және тәжірибелер нәтижелері жұмсақ резервуарларды механикалық аналогтарға ауыстыруға мүмкіндік береді (5, а-сурет).



5 - сурет. Жұмсақ резервуарларда сұйық жүк тасымалдау кезінде вагонның графикалық үлгісінің түрленуі  
Figure 5. Transformation of a graphic model of a car when transporting liquid cargo in soft tanks

Алдыңғы мысалдардағыдай рессорлық іліністің сұлбасын буксалық тораптарда серпінді төсеніштердің минималды қаттылығын шектей отырып, жеңілдетуге болады (5, б-сурет). Егер, толтыру дәрежесіне және жұмсақ резервуардың көлденең жылжымалылығына қосымша талаптар енгізсек, онда есепті сұлба қарапайым болады (1, в-суретті қара). Шанақ пен жүктің есепті сұлбаларының қарастырылған түрленуі жалғыз емес; авторлар әр түрлі типті вагондардың динамикасының нақты тапсырмаларын

шешу кезінде тиімді жолын түсіндіруге тырысты

**Қорытынды.** Сыртқы күштердің әсерінен деформацияны бастан кешіретін серпінді дене іліністегі негізгі тербелістердің түрін өзгерте отырып, тербелістер жасайды. Мұнда нақты кері байланыс көрінеді, яғни иілу тербелістеріне дененің аспалы тербелісі әсер етуі мүмкін және керісінше. Серпінді корпустың жобалық схемасын таңдағанда, әр түрлі типтегі вагондардың (арқалықтар, кеңістіктік фермалар, оболочкалар) әр түрлі конструкцияларына байланысты айтарлықтай қиындықтар туындайды.



Сонымен қатар, дененің ұзындығы, ені мен тербелістерінің дененің жеке биіктігі бойынша иілу қаттылығы жалпы элементтерінің беріктігіне әсерін егжей-жағдайда бірдей емес және иілу тегжейлі зерттеу кезінде ескеру қажет.

#### ӘДЕБИЕТ

- [1] Solonenko V., Musayev J., etc. Modeling of dynamic characteristics of freight car with optimized parameters of wedge-type shock absorber. *Journal of Vibroengineering*. 2017. Т. 19. № 2. С. 1197-1213.
- [2] Мусаев Ж.С. Динамическая устойчивость цистерн при переходных режимах движения наливного поезда. Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. 2010. № 3 (64). С. 40-44.

#### REFERENCES

- [1] Solonenko V., Musayev J., etc. Modeling of dynamic characteristics of freight car with optimized parameters of wedge-type shock absorber. *Journal of Vibroengineering*. 2017. Т. 19. № 2. С. 1197-1213.
- [2] Musaev J.S. *Dinamicheskaya ustoichivost cistern pri perehodnih rejimah dvizheniya nalivnogo poezda* [In Russian: Dynamic stability of tanks during transient modes of movement of a tanker train], / Vestnik Kazahskoi akademii transporta i kommunikacii im. M. Tinishpaeva. 2010. № 3 (64). С. 40-44.

#### ЖҮК ВАГОНДАРЫНЫҢ БІРҚАЛЫПТЫ ЖҮРІСІН ЗЕРТТЕУ КЕЗІНДЕ ЕСЕПТЕУ МОДЕЛЬДЕРІНІҢ МҮМКІН БОЛУ ӨЗГЕРІСТЕРІ

**Мусаев Жанат Султанбекович** – т.ғ.д., профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; Zh.musaev@kazatk.kz;

**Туркебаев Мукангали Жамбулович**, т.ғ.к., доцент, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, m.turkebayev@kazatk.kz;

**Сүлеева Нүргүл Зинабдинқызы**, т.ғ.к., доцент, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, nur\_1912@mail.ru

#### ТРАНСФОРМАЦИЯ РАСЧЁТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПЛАВНОСТИ ХОДА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

**Мусаев Жанат Султанбекович** – д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; Zh.musaev@kazatk.kz;

**Туркебаев Мукангали Жамбулович**, к.т.н., доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы,Казахстан,m.turkebayev@kazatk.kz;

**Сүлеева Нүргүл Зинабдинқызы**, к.т.н., доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, nur\_1912@mail.ru

**Аннотация.** В настоящей статье рассмотрена возможная трансформация расчётных схем кузовов при исследовании плавности хода на примере основных типов вагонов.

Показано, что особенность выбора расчётной схемы для вагона с упругими кузовом и грузом заключается в обосновании целесообразности учёта изгибных колебаний кузова с грузом, а, в общем случае, упругий кузов имеет бесконечное число степеней свободы. Практически в расчётах параметров рессорного подвешивания вагона целесообразно учитывать только первый тон изгибных колебаний кузова, жёсткость упругих прокладок в буксовых узлах составляет не менее 200 МН/м. В этом случае колебания боковых рам тележек практически не оказывают влияния на низкочастотные колебания кузова.

Выполненный в статье анализ показывает, что наличие жидкого груза изменяет структуру динамической системы, добавляя ей степени свободы, а решение поставленных задач усложняется при обосновании графической модели кузова вагона в виде упругого резервуара с неполным заполнением жидким грузом, установленного на упругое подвешивание.

В общем случае, наиболее сложные динамические системы представляют собой мягкие резервуары с жидкими грузами, размещенные в кузовах вагонов.

В статье рассмотрены особенности составления графических моделей при исследовании динамических качеств грузовых вагонов различных моделей.

**Ключевые слова:** грузовой вагон, расчетная схема, анализ, исследование, динамические характеристики, плавность хода.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev  
ISSN 1609-1817. Vol. 116, No.1 (2021), pp.82-89

## CALCULATION OF THE LOAD BOGIE SIDE FRAME FOR STRENGTH AND FATIGUE FRACTURE RESISTANCE

**Nurgul Suleyeva**, Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, [nur\\_1912@mail.ru](mailto:nur_1912@mail.ru);

**Roza Batyrbek**, undergraduate, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, [Roza\\_96\\_26@mail.ru](mailto:Roza_96_26@mail.ru)

**Abstract.** The freight bogie of the most mass model 18-100 is in operation on the railroads up to the present time. Since its commissioning, its design has undergone a number of changes and upgrades. The need to improve the design first of all was caused by an increase in the axle load. The second direction in upgrading the bogie was to increase its performance characteristics and mileage between overhauls. These directions of bogie running gear improvement are relevant.

There are three options of bogie side and bolster beams strengthening to increase durability and operating reliability. These variants include reinforcing ribs and increasing the thickness of upper and lower frame wall by box section of bogie opening.

The fatigue of the cast parts of the bogie in the sections with the maximum level of equivalent stresses from the vertical static load is evaluated.

It is established that under the influence of different stresses the total fatigue of the side frame will be equal to the sum of the products of the number of cycles at each created stress.

The article presents the results of calculations from the action of vertical static loads, vertical-dynamic, longitudinal-inertial and centrifugal loads arising in the curved sections of the track.

The results of side frame strength calculations are obtained and the graphs of the deflections at different modes are obtained. Estimated zones were taken to determine the stresses that occurred in the side frame. Analysis of the results of side frame strength calculation showed that equivalent stresses in all investigated zones, which are subject to frequent fractures in operation, as well as in other elements of the frame do not exceed the maximum allowable in all design modes.

**Keywords:** side frame, bolster, bogie, equivalent stresses, vertical dynamics coefficient, design modes, strength, reliability

ОӘЖ 625.03.29

10.52167/1609-1817-2021-116-1-82-89

**Н.З. Сүлеева<sup>1</sup>, Р.Ж. Батырбек<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

## ЖҮК АРБАШАСЫНЫҢ БҮЙІР РАМАСЫН БЕРІКТІК ПЕН ШАРШАУДЫҢ БҰЗЫЛУЫНА ҚАРСЫ ТҮРУ ҮШІН ЕСЕПТЕУ

**Аңдатпа.** Мақалада жолдың қисық учаскелерінде пайда болатын тік статикалық жүктемелердің, тік-динамикалық, бойлық-инерциялық және орталықтан тепкіш әрекеттерден есептеу нәтижелері келтірілген.

Бүйірлік жақтауды беріктікке есептеу нәтижелері алынды және әртүрлі режимдерде ҚҚС кестелері алынды. Бүйірлік сәуледе пайда болған кернеулерді анықтау үшін бағалау аймақтары алынды. Бүйірлік раманың беріктігін есептеу нәтижелерін талдау көрсеткендей, барлық зерттелетін аймақтардағы эквивалентті кернеулер, олар жиі