



ISSN 1609-1817

М. ТЫНЫШБАЕВ атындағы
ҚАЗАҚ КӨЛІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛАР АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

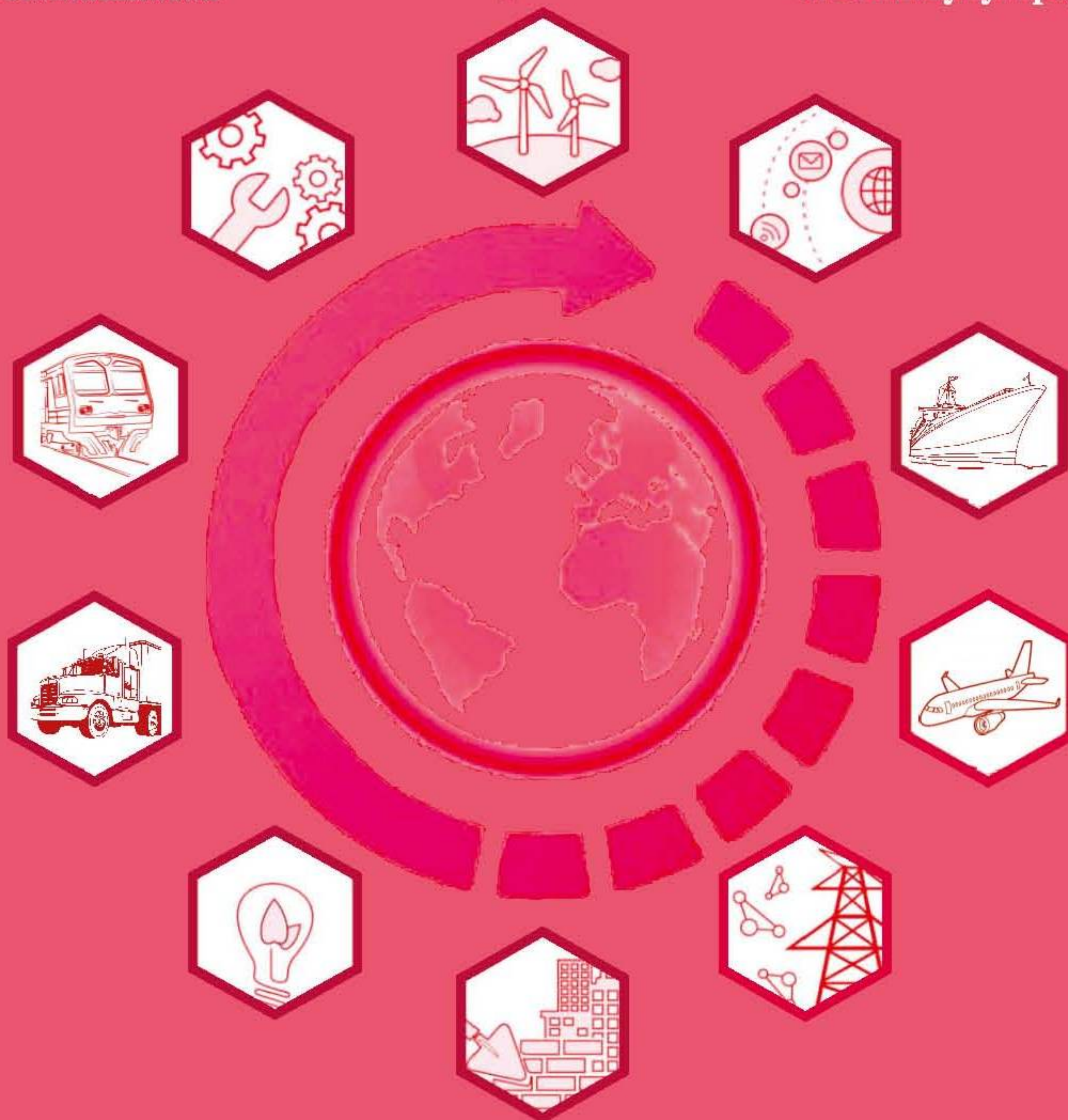
ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Казакской академии транспорта
и коммуникаций имени
М. Тынышпаева

The BULLETIN

of Kazakh Academy of Transport
and Communications named
after M. Tynyspayev



№ 1 (112) - 2020

Ғылыми журнал
2000 жылдың
қаңтарынан бастап
шығарылады.
Жылына 4 рет
шығады.

Редакциялық кеңес

М.Б. Имандосова
Президент-ректор
ҚазККА
К.Е. Альмагамбетов
«ҚТЖ» ҰК» АҚ
Басқарма
төрағасының бірінші
орынбасары
Б.П. Урынбасаров
Инфрақұрылым
жөніндегі басқарушы
директор, «ҚТЖ»
ҰК» АҚ - «МЖБ»
филиалының
директоры
В.Н. Глазков
(т.ғ.к., доцент,
МИИТ, Ресей)
Б.Б. Телтаев (т.ғ.д,
проф., «ҚазжолҒЗИ»
АҚ, ҚР)
А.В. Давыдов (э.ғ.д,
проф., «СГУПС»)
Кевин Бирн
(PhD докторы,
Корольдік көлік және
логистика
институтының
президенті,
Ұлыбритания)
Т. Болотбек (т.ғ.д.,
проф., ҚМҚКАУ,
Қырғызстан)
О.Т. Шатманов (т.ғ.д.,
проф. ҚМҚКАУ,
Қырғызстан)
А.В. Сладковский
(т.ғ.д, проф.,
Силезтехникалықунив
ерситеті, Польша)
Р.Б. Ботабеков (э.ғ.д,
Жолаушылар
компаниясы «Туран
Экспресс» ЖШС-ның
Вице-президенті)
Н.К. Игембаев (т.ғ.к.,
«КТЗ Express» АҚ
вице-президенті)
Ж.Т. Нұрсейтов
(э.ғ.д, проф., «ӘТЖК»
АҚ)
К.П. Шенфельд
(т.ғ.д., проф.
«ТКҒЗИ» АҚ)

М. Тынышбаев атындағы
Қазақ көлік және коммуникациялар академиясының
ХАБАРШЫСЫ №1
2020

МАЗМҰНЫ

Темір жол көпірлерінің арқалық аралық құрылыстарымен жылжымалы құрамның өзара іс-қимылы И.С. Бондарь, П.Т. Ахметова, С.Б. Кыстаубаев	10-16
Метрополитен станциясының сілкіністі жүктемелер әсеріндегі кернеулі-деформациялық күйін есептеу Н.М. Махметова, С.А. Зверев, В.Г. Солоненко	16-22
Станция қатпарламасының кернеулі-деформациялық күйінің геомеханикалық моделі Н.М. Махметова, А.А. Абдурахманов, В.Г. Солоненко	23-28
Бетонның бастапқы беріктігін өндірудің термодинамдық негіздері Р.Т. Бржанов	28-36
Көлік жүктемесі әсер еткенде ұшқабатты қаптамамен күшейтілген таяз көмілген тоннельдің математикалық моделдеу В.Н. Украинец, Ж.О. Отарбаев, С.Р. Гирнис	36-45
Ескірудің және пластикалық деформацияға алюминий қорытпасы ад31-дің механикалық қасиеттері мен құрылымына әсері А.Е. Удербаяева, К.К. Нурахметова, А.А. Наурызбаева	45-52
ЖОО оқытушыларының еңбек процесінің шиеленісуі бойынша еңбек жағдайын гигиеналық бағалау М.Д. Зальцман Б.Б. Құрмашев	53-60
Жылжымалы құрамды габаритке енгізу теориясы мен практикасы Ж.С. Мусаев, Н.В. Ивановцева, А.А. Дарханбаева	61-68
Асинхронды қосалқы электр машиналарының пайдалану сенімділігін арттыру С.С. Абдуллаев, А.А. Райынбекова, Ж.А. Асилбай	69-79
Ток қабылдағыштың жоғарғы түйінінің параметрлерін оның түйіспелі аспамен өзара әрекеттесуі кезінде анықтау С.С. Абдуллаев, А.А. Райынбекова, Ж.А. Асилбай	79-89
Локомотивтердің асинхронды тартқыш жетегі Ж.С. Ибраев, Н.Р. Джакупов, Д.С. Куштаева	89-97
Жүк вагондары арбаларының букстік торабының дірілін резинометаллды жұтқыш Е.Г. Адильханов, К.Б. Жакупов, Ш.А. Секерова	97-106
Рессорлық ілудің әртүрлі сипаттамалары бар жана буын жүк арбаларының динамикалық көрсеткіштерін бағалау Н.А. Токмурзина-Коберняк, Н.В. Ивановцева, Ж.С. Тынышқалиев	106-114
КЗ8А электровоздарын пайдалану перспективалары Қазақстан Республикасының темір жолдарында Н.А. Токмурзина-Коберняк, А.Т. Камиров	114-121

Редакция алқасы

М.Б. Имандосова –
бас редакторы
С.Е. Бекжанова
(т.ғ.д., профессор)-
бас редактордың
орынбасары
А.К. Ибраимов
(т.ғ.к., доцент)
Г.С. Мусаева (т.ғ.д.,
проф.)
В.Г. Солоненко
(т.ғ.д., проф.)
М.С. Кульгильдинов
(т.ғ.д., проф.)
С.Е. Бекжанова
(т.ғ.д., проф.)
М.С. Изтелеуова
(т.ғ.д., проф.)
Т.К. Койшиев (т.ғ.д.,
проф.)
А.К. Калтаев (э.ғ.к.,
доцент)
О.И. Чуркина (ф.-
м.ғ.к., доцент)
А. Панаева -
техникалық редактор

**Редакция мекен-
жайы:**

Қазақстан Республикасы,
050012, Алматы қ.,
Шевченко көшесі, 97.

Тел./факс: +7 (727)
292-49-14, 292-44-85

E-mail:
vestnik@kazatk.kz

Сайт: www.kazatk.kz

Жекеменшік –
«М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы» АҚ

Өнеркәсіптік темір жол көлігіндегі тепловоздарының тәсілдік сипаттамаларын қолдану аппроксимациясы А.В. Рожков, Р.Р. Хайбуллин, М.А. Нартов, Т.Р. Бикенов	122-130
Локомотив бригадаларына электромагниттік өрістің әсер ету деңгейін бағалау А.М. Елшібеков, Ш.А. Абдрешов, Д.К. Сейсенкулов	130-137
Жол-көлік оқиғасын тексеру кезіндегі шешімдерді талдау Е.Е. Баубеков, Ғ.Б. Бақыт, А.К. Жалинова	138-143
Жолдарды қыста ұстау үшін автогрейдер металл конструкциясының сенімділігін арттыру А.Г. Савельев, М.В. Дудкин, А.И. Ким	143-149
Жол салу құрылысы кезінде машина кешенің пайдаланудың оңтайландыру әдісін зерттеу және әзірлеу С.Ж. Кабикенов, В.С. Портнов, А. Сұңғатоллақызы	149-158
Желім қосылыстарында созылу кезінде туындайтын кернеулерді сандық бейнелер корреляция әдісі арқылы тәжірибелік зерттеу Г.М. Ахмет, А.Е. Канажанов, М.Ф. Ахметов, М.В. Таран	158-165
Шахталық көтергіш машинаның болат конструкциясының кернеулі-деформацияланған күйін компьютерлік моделдеу А.Д. Мехтиев, Ф.Н. Булатбаев, Ю.Ф. Булатбаева	165-172
Автокөліктердің тежегіш жүйесінің іске қосылу уақытына әсер ететін факторлар Е.Е. Баубеков, Ғ.Б. Бақыт, А.К. Жалинова	172-178
Бизнес-үрдістерді тиімді басқару негізіндегі «ҚТЖ» ҰК» АҚ ақпараттандыру М.Н. Айкумбеков, А.Д. Камзина	179-183
Қазақстандағы жолаушылар көлігінің даму тенденциясы С.Ж. Кабикенов, Т.У. Уәлихан, Б.К. Мусабаев	184-190
Тасымалдауды ұйымдастыру және көлікте басқару әдістері Б.К. Мусабаев, Ж.Г. Жанбиров, А.Б. Ебесова	190-196
Логистикада иммитациялық модельдеуді қолдану М.О. Юн, Д.М. Тюлюбаева, Н.Р. Джакупов	197-205
Қазақстандағы логистикалық саланы дамыту мәселелері А.М. Базенов, И.Г. Умешева, А.Н. Немасипова	205-210
Автомобиль көлігі арқылы ауыр салмақты жүктерді тасымалдау ерекшеліктерін зерттеу Р.Д. Мусалиева, Г.С. Файзулла, Д. Рсалыулу	210-218
Қалааралық және халықаралық автокөлік тасымалдарын ұйымдастыру А.Б. Ебесова, Ж. Байбураева, Ж.Г. Жанбиров	218-224
Қазақстандағы автокөлікпен жүк тасымалы саласын дамытудың қажетті шарты ретінде заңнамалық базаны жетілдіру Н.С. Кулагина, Д.М. Тюлюбаева	224-233
Жылжымалы құрамды диагностикалау жүйелерін автоматтандыру және талдау М.Ж. Спабекова, А.Ж. Тойгожинова, В. Вуйцик	234-241
Жел дөңгелегі вертикальды осі бар жел орнатулар конструкцияларын жетілдіруінің даму бағытын зерттеу Е.С. Аскаров, Ә.Ж. Жанкелді, И.М. Дюсебаев	241-247

Журнал Қазақстан
Республикасы
Мәдениет, ақпарат
және спорт
Министрлігінде
қайта тіркеуден
өткен
Күәлік № 6233-ж
17.08.2005 ж.

Индекс 75605

ISSN 1609-1817

ТОО «Powerprint»
Заңды мекен-жайы:
Алматы қаласы
Алатау ықшам
ауданы, Мирас
көшесі, 86 үй.Нақты
мекен-жайы:
Алматы қаласы
Мәуленов к-сі, 110

Жоғары вольтты қағаз-майлы оқшаулауды бақылау әдісі Б.Р. Кангожин, М.С. Жармагамбетова, С.С. Даутов, Ж.С. Сериккалиев	248-255
Жерге тұйықтау құрылғысы сипаттамаларының электрлік орталықтандыру постының электромагниттік жағдайына әсері Б.Р. Кангожин, М.С. Жармагамбетова, С.С. Даутов, С.Т. Анарбаева	255-262
Ғарыштық аппараттардың фотоэлектрлік түрлендіргіштерін ашуды моделдеу Д.М. Калманова, О.К. Абдирашев, А.К. Орнов	262-269
500 кВ-тық «ЖІТІҚАРА-ҮЛКЕ» электр желісіндегі электр энергия шығындарын корреляция-регрессиялық талдау К.Ж. Калиева, Л.Ш. Утешкалиева, М.А. Ежбеков	269-278
Глиалды нейрондық желі - зияткерлік желілерге жаңа көзқарас Д.В. Панюкова, О.И. Ширяева, Г.Б. Нурпеисова	278-283
Радиоарна бойынша ары қарай жіберуі үшін санағыш көрсеткіштерінің есептеу алгоритмі А.Б. Мирманов, К.И. Острецов, С.Б. Байгуаныш	283-292
Суреттердегі жасырын ақпарат Э.Н. Дайырбаева, Ф.А. Мурзин, М.А. Липская	292-299
Қорлардың көрсеткіштерін анықтау үшін болжаудың математикалық әдістерін қолдану Б.А. Казангапова, А.А. Ержан, А.А. Иванов	299-306
Анық емес нейрожелілік технологияларды пайдалану арқылы көліктік есептерді шешуге арналған зияткерлік ақпараттық жүйені әзірлеу Б.А. Казангапова, Е.К. Социалов, А.Н. Нургулжанова	306-316
Бөгеуілге төзімді кодалаудың тиімділігін талдау үшін мәліметтерді жинақтауды кодалауды зерттеу М.А. Сайдахметов, Н.А. Оспанова, К.А. Балабатыров	316-320
Multisim қосымшыдағы фазалық-инверторлық жұмыс күшейткіштерінде 16-QAM модуляторының схемалық сызбасын жобалау И.О. Косяков, Б.Ж. Алданияров, М.Ю. Полушин	320-326
«ТҰРМЫСТЫҚ ҚАТТЫ ҚАЛДЫҚТАР + КҮЛ» компосталанатын модельді композиттегі ксенобиотиктер мен микробиоценоздардың уақыттағы техногендік трансформациясы Г.А. Джамалова, А.В. Гарабаджиу, С.М. Джолдыбаева, Т.А. Сериков	326-334

Баспаға қол қойылған күні 29.04.2020 ж. Тираж 500 дана. Тапсырыс № 971

Научный журнал
издается
с января 2000 года.
Периодичность: 4
номера в год.

**Редакционный
совет**

М.Б. Имандосова
Президент-ректор
КазАТК
К.Е. Альмагамбетов
Первый заместитель
Председателя
Правления АО «НК
«ҚТЖ»
Б.П. Урынбасаров
Управляющий
директор по
инфраструктуре,
директор филиала АО
«НК «ҚТЖ» - «ҚЖС»
В.Н. Глазков (к.т.н.,
проф., МИИТ,
Россия)
Б.Б. Телтаев(д.т.н.,
проф., АО «Каздор
НИИ», РК)
А.В. Давыдов (д.э.н.,
проф., «СГУПС»)
Кевин Бирн (доктор
PhD, Президент
Королевского
института логистики
и транспорта,
Великобритания)
Т. Болотбек (д.т.н.,
проф., КГУСТА,
Кыргызстан)
О.Т. Шатманов(д.т.н.,
проф., КГУСТА,
Кыргызстан)
А.В.Сладковский(д.т.
н. проф., Силезский
технический
университет, Польша)
Р.Б. Ботабеков (д.э.н.,
Вице-президент ТОО
Пассажирская
компания «Туран
Экспресс»)
Н.К. Игембаев (к.т.н.,
Вице-приезидент АО
«KTZ Express»)
Ж.Т. Нурсейтов
(д.э.н., проф.,
АО «ВЖДО»)
К.П. Шенфельд
(д.т.н., проф.,
ВНИИЖТ, Россия)

ВЕСТНИК №1 2020

Казахской академии транспорта и коммуникаций
имени М. Тынышпаева

СОДЕРЖАНИЕ

Взаимодействие подвижного состава с балочными пролетными строениями железнодорожных мостов И.С. Бондарь, П.Т. Ахметова, С.Б. Кыстаубаев	10-16
Расчет напряженно-деформированного состояния станции метрополитена при сейсмических воздействиях Н.М. Махметова, С.А. Зверев, В.Г. Солоненко	16-22
Геомеханическая модель напряженно-деформированного состояния обделки станции Н.М. Махметова, А.А. Абдурахманов, В.Г. Солоненко	23-28
Термодинамические основы повышения начальной прочности бетона Р.Т. Бржанов	28-36
Математическое моделирование динамики подкрепленного трехслойной обделкой тоннеля мелкого заложения при действии транспортной нагрузки В.Н. Украинец, Ж.О. Отарбаев, С.Р. Гирнис	36-45
Влияние старения и пластической деформации на механические свойства и структуру алюминиевого сплава АД31 А.Е. Удербаяева, К.К. Нурахметова, А.А. Наурызбаева.....	45-52
Гигиеническая оценка условий труда по напряженности трудового процесса преподавателей вузов М.Д. Зальцман, Б.Б. Курмашев	53-60
Теория и практика вписывания подвижного состава в габарит Ж.С. Мусаев, Н.В. Ивановцева, А.А. Дарханбаева	61-68
Повышение эксплуатационной надежности асинхронных вспомогательных электрических машин С.С. Абдуллаев, А.А. Райынбекова, Ж.А. Асилбай	69-79
Определение параметров верхнего узла токоприемника при его взаимодействии с контактной подвеской С.С. Абдуллаев, А.А. Райынбекова, Ж.А. Асилбай	79-89
Асинхронный тяговый привод локомотивов Ж.С. Ибраев, Н.Р. Джакупов, Д.С. Куштаева	89-97
Резинометаллический поглотитель вибраций буксового узла тележек грузовых вагонов Е.Г. Адильханов, К.Б. Жакупов, Ш.А. Секерова.....	97-106
Оценка динамических показателей грузовых тележек нового поколения с различными характеристиками рессорного подвешивания Н.А. Токмурзина-Коберняк, Н.В. Ивановцева, Ж.С. Тынышкалиев	106-114
Перспективы использования электровозов KZ8A на железных дорогах Республики Казахстан Н.А. Токмурзина-Коберняк, А.Т. Камилов	114-121

**Редакционная
коллегия**

М.Б. Имандосова,
главный редактор
С.Е. Бекжанова
(д.т.н., профессор),
зам. главного
редактора
А.К. Ибраимов
(к.т.н., доцент)
Г.С. Мусаева (д.т.н.,
проф.)
В.Г. Солоненко
(д.т.н., проф.)
М.С. Кульгильдинов
(д.т.н., проф.)
С.Е. Бекжанова
(д.т.н., проф.)
М.С. Изтелеуова
(д.т.н., проф.)
Т.К. Койшиев (д.т.н.,
проф.)
А.К. Калтаев (к.э.н.,
доцент)
О.И. Чуркина (к. ф.-
м.н., доцент)
А. Панаева –
технический
редактор

Адрес редакции:

Республика
Казахстан, 050012, г.
Алматы,
ул. Шевченко, 97.

Тел./факс:
+7 (727) 292-49-14,
292-44-85

E-mail:
vestnik@kazatk.kz

Сайт: www.kazatk.kz

Собственник – АО
«Казахская
академия
транспорта и
коммуникаций
имени
М. Тынышпаева»

Аппроксимация тяговых характеристик тепловозов промышленного железнодорожного транспорта А.В. Рожков, Р.Р. Хайбуллин, М.А. Нартов, Т.Р. Бикенов	122-130
Оценка уровня электромагнитного воздействия на локомотивную бригаду А.М. Елшібеков, Ш.А. Абдрешов, Д.К. Сейсенкулов	130-137
Анализ решений при расследовании дорожно-транспортных происшествий Е.Е. Баубеков, Ғ.Б. Бақыт, А.К. Жалинова	138-143
Повышение надежности металлоконструкции автогрейдера для скалывания льда А.Г. Савельев, М.В. Дудкин, А.И. Ким	143-149
Исследование и разработка методов оптимизации использования комплекса машин при строительстве автодорог С.Ж. Кабикенов, В.С. Портнов, А. Сұңғатоллақызы	149-158
Экспериментальное исследование напряженных клеевых соединений, возникающих при растяжении на основе метода корреляции цифровых изображений Г.М. Ахмет, А.Е. Канажанов, М.Ф. Ахметов, М.В. Таран	158-165
Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния стальной конструкции шахтной подъёмной машины А.Д. Мехтиев, Ф.Н. Булатбаев, Ю.Ф. Булатбаева	165-172
Факторы, влияющие на время срабатывания тормозной системы автомобилей Е.Е. Баубеков, Ғ.Б. Бақыт, А.К. Жалинова	172-178
Информатизация АО «НК «ҚТЖ» на базе систем эффективного управления бизнес-процессами М.Н. Айкумбеков, А.Д. Камзина	179-183
Тенденция развития пассажирского транспорта Казахстана С.Ж. Кабикенов, Т.У. Уәлихан, Б.К. Мусабаев	184-190
Организация перевозок и методы управления на транспорте Б.К. Мусабаев, Ж.Г. Жанбирова, А.Б. Ебесова	190-196
Применение имитационного моделирования в логистике М.О. Юн, Д.М. Тюлюбаева, Н.Р. Джакупов	197-205
Проблемы развития логистической отрасли в Казахстане А.М. Базенов, И.Г. Умешева, А.Н. Немасипова	205-210
Исследование особенностей перевозки негабаритных грузов автомобильным транспортом Р.Д. Мусалиева, Г.С. Файзулла, Д. Рсалыулу	210-218
Организация междугородных и международных автотранспортных перевозок А.Б. Ебесова, Ж. Байбураева, Ж.Г. Жанбирова	218-224
Совершенствование законодательной базы как необходимое условие для развития отрасли грузовых автомобильных перевозок в Казахстане Н.С.Кулагина, Д.М.Тюлюбаева.....	224-233
Автоматизация и анализ систем диагностирования подвижного состава М.Ж. Спабекова, А.Ж. Тойгожинова, В. Вуйцик	234-241

Журнал
перерегистрирован в
Министерстве
культуры,
информации и
спорта Республики
Казахстан
Свидетельство
№ 6233-ж
от 17.08.2005 г.

Индекс 75605

ISSN 1609-1817

Отпечатано в ТОО
«Powerprint»
Юр.адрес: г.Алматы,
мкр. Алатау,
ул. Мираса, д.86.
Факт. адрес:
г.Алматы,
ул. Мауленова, 110

Исследование направлений развития совершенствования конструкций ветровых установок с вертикальной осью вращения ветрового колеса Е.С. Аскарар, Ә.Ж. Жанкелді, И.М. Дюсебаев	241-247
Метод контроля высоковольтной бумажно-масляной изоляции Б.Р. Кангожин, М.С. Жармагамбетова, С.С. Даутов, Ж.С. Сериккалиев	248-255
Влияние характеристик заземляющего устройства на электромагнитную обстановку поста электрической централизации Б.Р. Кангожин, М.С. Жармагамбетова, С.С. Даутов, С.Т. Анарбаева	255-262
Моделирование раскрытия фотоэлектрических преобразователей космических аппаратов Д.М. Калманова, О.К. Абдирашев, А.К. Орнов	262-269
Корреляционно-регрессионный анализ потерь электроэнергии в линии 500кВ «ЖИТИКАРА-УЛЬКЕ» К.Ж. Калиева, Л.Ш. Утешкалиева, М.А. Ежбеков	269-278
Глиальная нейронная сеть как новый подход к интеллектуальным системам Д.В. Панюкова, О.И. Ширяева, Г.Б. Нурпеисова	278-283
Алгоритм снятия показаний счетчика для дальнейшей передачи по радиоканалу А.Б. Мирманов, К.И. Острецов, С.Б. Байгуаныш	283-292
Скрытие информации в изображениях Э.Н. Дайырбаева, Ф.А. Мурзин, М.А. Липская	292-299
Применение математических методов прогнозирования для определения показателей запасов Б.А. Казангапова, А.А. Ержан, А.А. Иванов	299-306
Разработка интеллектуальной информационной системы для транспортной задачи с использованием нечетких нейросетевых технологий Б.А. Казангапова, Е.К. Социалов, А.Н. Нургулжанова	306-316
Исследование сверточного кодирования данных для проведения анализа эффективности помехоустойчивого кодирования М.А. Сайдахметов, Н.А. Оспанова, К.А. Балабатыров	316-320
Проектирование принципиальной схемы модулятора 16-QAM на фазоинвертирующих операционных усилителях в приложении multisim И.О. Косяков, Б.Ж. Алданияров, М.Ю. Полушин	320-326
Техногенная трансформация ксенобиотиков и микробиоценоза во времени в компостируемом модельном композите «ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ + ЗОЛА» Г.А. Джамалова, А.В. Гарабаджиу, С.М. Джолдыбаева, Т.А. Сериков	326-334

Scientific Journal is
being published
since January, 2000.
Periodicity: 4 times a
year.

Editorial Council

M.B. Imandosova
Rector of KazATC
K.E. Almagambetov
First Deputy Chairman
of the Board of JSC
"NC" KTZH "

B.P. Urynassarov
Managing Director for
Infrastructure, Director
of the branch of JSC
"NC" KTZh " - "DMS "

V.N. Glazkov
(Cand.Sci.(Eng.)profess
or.,MIIT, Russia)

B.B. Teltaev
(Dr.Sci.(Eng.),
professor, JSC
«KazRSRI»,
Kazakhstan)

A.V. Davydov
(Dr.Sci.(Eng.),
professor,« STU»)

Kevin Byrne (Dr. PhD,
President of
Chartered Institute of
Logistics and
Transport, United
Kingdom)

T. Bolotbek
(Dr.Sci.(Eng.),
professor, KSUCTA,
Kyrgyzstan)

O.T.Shatmanov
(Dr.Sci.(Eng.),
professor, KSUCTA,
Kyrgyzstan)

A.V. Ślădkowski
(Dr.Sci.(Eng.),
professor, Silesian
University of
Technology, Poland)

R.B. Botabekov
(Dr.Sci.(Eng.)
LLP«Turan Express»
Passenger Compan)

N.K. Igembaev
(Cand.Sci.(Eng.)Vice-
President of KTZ
Express JSCRepublic
of Kazakhstan)

J.T.Nyrseitov
(Dr.Sci.(Eng.) JSC
«MRG»)

K.P.Shenfeld
(Dr.Sci.(Eng.),
professor JSC
«VNIISHT»)

The BULLETIN №1 2020

of Kazakh Academy of Transport and Communications
named after M.Tynyshpayev

CONTENTS

The temperature dependence of the energy band gap I.S. Bondar, P.T. Akhmetova, S.B. Kystaubayev	10-16
Calculation of the stressed-deformed state of a station of a metropolit under seismic influence N.M. Makhmetova, S.A. Zverev, V.G. Solonenko	16-22
Geomechanical model of the stressed-deformed state of the lating of the station N.M. Makhmetova, A.A. Abdurahmanov V.G. Solonenko	23-28
Thermodynamic basis for increasing the initial strength of concrete R.T. Brzhanov	28-36
Mathematical modeling of dynamics of the shallow tunnel supported with three-layered shells undergoing traffic loads V.N. Ukrainets, ZH.O. Otarbaev, S.R. Girnis	36-45
Influence of aging and plastic deformation on mechanical properties and structure of aluminum alloy ad31 A.YE. Uderbayeva, K.K. Nurakhmetova, A.A. Nauryzbayeva	45-52
Hygienic assessment of working conditions based on the intensity of the labor process of University teachers M.D. Zalcman, B.B. Kurmashev	53-60
Theory and practice of rolling stock fitting into the envelope J.S. Musayev, N.V. Ivanovcheva, A.A. Darkhanbaeva	61-68
Improving the operational reliability of asynchronous electric machines S.S. Abdullayev, A.A. Raiynbekova, ZH.A. Assilbay	69-79
Determination of the parameters of the upper node of the current collector in its interaction with the contact suspension S.S. Abdullayev, A.A. Raiynbekova, ZH.A. Assilbay	79-89
Asynchronous power drive for locomotives ZH.S. Ibraev, N.R. Jakupov, D.S. Kushtaeva	89-97
Rubber-metal vibration absorber for axle box of freight wagons YE.G. Adilkhanov, K.B. Zhakupov, Sh.A. Sekerova	97-106
Evaluation of the dynamic performance of the cargo trucks of a new generation with different characteristics for suspension N.A. Tokmurzina-Kobernyak, N.V. Ivanovcheva, ZH.S. Tynyshaliev	106-114
Prospects for using KZ8A electric locomotives on the railways of the Republic of Kazakhstan N.A. Tokmurzina-Kobernyak, A.T. Kamilov	114-121
Approximation of traction characteristics of diesel locomotives of industrial railway transport A.V. Rozhkov, R.R. Khaybullin, M.A. Nartov, T.R. Bikenov.....	122-130
Assessment of the level of electromagnetic impact on the locomotive crew A.M. YEIshibekov, SH.A. Abdrashov, D.K. Seisenkulov	130-137

Editorial Staff

M.B. Imandosova,
Editor in chief
S.E. Bekzhanova
Dr.Sci.(Eng.), professor
Deputy Editor in chief
A.K. Ibraimov
(Cand.Sci.(Eng.), ass.
professor)
G.S. Mussayeva
(Dr.Sci.(Eng.),
professor)
V.G. Solonenko
(Dr.Sci.(Eng.),
professor)
M.S. Kulgildinov
(Dr.Sci.(Eng.),
professor)
S.E. Bekzhanova
(Dr.Sci.(Eng.),
professor)
M.S. Iztelevova
(Dr.Sci.(Eng.),
professor)
T.K. Koishiyev
(Dr.Sci.(Eng.),
professor)
A.K. Kaltayev
(Cand.Sci.(Econ.), ass.
professor)
O.I. Churkina
(Cand.Sci.(Phys.-
Math.) ass. professor)
A.Panaeva – editorial
secretary

Editorial address:

Republic of
Kazakhstan, 050012,
Almaty, Shevchenko
Street, 97.

Tel. / fax: +7 (727)
292-49-14, 292-44-85

E-mail:
vestnik@kazatk.kz

Web-site:
www.kazatk.kz

Proprietary –
JSC «Kazakh Academy
of Transport and
Communications
named after
M.Tynyshtayev»

Analysis of decisions in the investigation of road traffic accidents	
YE.YE. Baubekov, G.B. Bakyt, A.K. Zhalinova	138-143
Improving the reliability of the metal structure of the auto grader for force breaking	
A.G. Saveliev, M.V. Doudkin, A.I. Kim	143-149
Research and development of optimization methods for using the complex of machines when constructing roads	
S.ZH. Kabikenov, V.S. Portnov, A. Sungatollakyzы	149-158
Experimental study of tension stresses by digital image correlation method of strained adhesive joints	
G.M. Akhmet, A.YE. Kanazhanov, M.F. Akhmetov, M.V. Taran ...	158-165
Computer simulation of the stressed-deformed state of the steel structure of the shaft hoisting machine	
A.D. Mekhtiyev, F.N. Bulatbayev, J.F. Bulatbayeva.....	165-172
Factors affecting the response time of the braking system of motor vehicles	
YE.YE. Baubekov, G.B. Bakyt, A.K. Zhalinova	172-178
Informatization of JSC «NC «KTZ» based on systems of effective management of business processes	
M.N. Aikumbekov, A.D. Kamzina	179-183
Trends in the development of passenger transport in Kazakhstan	
S.ZH. Kabikenov, T.U. Ualihan, B.K. Musabaev	184-190
Organization of transportations and management on transport	
B.K. Musabaev, ZH.G. ZHANbirov, A.B. YEbesova	190-196
Application of simulation modeling in logistics	
M.O. YUn, D.M. Tyulyubayeva, N.R. Jakupov	197-205
Problems of logistics industry development in Kazakhstan	
A.M. Bazenov, I.G. Umesheva, A.N. Nemasipova	205-210
Research of peculiarities of transportation of oversized cargoes by motor transport	
R.D. Mussaliev, G.S. Fayzulla, D. Rsalyulu	210-218
Organization of intercity and international road transport	
A.B. YEbesova, J. Baiburaeva, ZH.G. ZHANbirov,	218-224
Improvement of the legislative framework as a necessary condition for the development of the industry of road cargo transportation in Kazakhstan	
N.Kulagina, D.Tylyubayeva.....	224-233
Automation and analysis of rolling stock diagnosis systems	
M.ZH. Spabekova, A.ZH. Toigozhinova, V. Wojcik.....	234-241
Research of improvement development directions of wind installation constructions with vertical axis of a wind wheel spin	
YE.S. Askarov, A.ZH. ZHankeldi, I.M. Dyussebayev	241-247
Method for monitoring high-voltage paper-oil insulation	
B.R. Kangozhin, M.S. Zharmagambetova, S.S. Dautov, ZH.S. Serikkaliyev	248-255
The characteristics of the grounding device to the electromagnetic environment of a post of electric centralization	
B.R. Kangozhin, M.S. Zharmagambetova, S.S. Dautov, S.T. Anarbayeva	255-262
Modeling the disclosure of photovoltaic cells for space vehicles	
D.M. Kalmanova, O.K. Abdirashev, A.K. Ornov.....	262-269

Journal is re-registered
in the Ministry of
Culture, Information
and Sport of Republic
of Kazakhstan
Certificate № 6233-zh
dated 17.08.2005.

Index 75605

ISSN 1609-1817

Legal address: Almaty,
md. Alatau, Mirasst.,
D.86.

Actual address: Almaty,
110 Maulenov st.

**Correlation-regression analysis of power losses in the
500kV line "ZHITIKARA-ULKE"**

K.ZH. Kalyieva, L.SH. Uteshkaliev, M.A. YEzhebekov 269-278

Glial neural networks as a new approach for smart systems

D.V. Panyukova, O.I. SHiryayeva, G.B. Nurpeissova 278-283

**Algorithm readings of the counter reading for further radio
transmission**

A.B. Mirmanov, K.I. Ostretsov, S.B. Baiguanysh 283-292

Hidden information in images

E.N. Daiyrbayeva, F.A. Murzin, M.A. Lipskaya 292-299

**Application of mathematical forecasting methods for
determining stock indicators**

B.A. Kazangapova, A.A. YErzhan, A.A. Ivanov 299-306

**Development of an intellectual information system for the
transport problem, using fuzzy neural network technologies**

B.A. Kazangapova, E.K. Socialov, A.N. Nurgulzhanova 306-316

**Investigation of convolutional data coding for analysis of the
efficiency of error-correcting coding**

M.A. Saidahmetov, N.A. Ospanova, K.A. Balabatyrov 316-320

**16-QAM modulator principal scheme design based on the
phase-inverting operational amplifiers in the multisim
application**

I.O. Kossyakov, B.ZH. Aldaniyarov, M.YU. Polushin 320-326

**Technogenic transformation of xenobiotics and microbiocenosis
in time in composite model composite "MUNICIPAL SOLID
WASTE + ASH"**

G.A. Jamalova, A.V. Garabadzhiu, S.M. Joldybayeva,
T.A. Serikov 326-334

Signed to print: 29.04.2020 Circulation: 500 copies. Order № 971

Zhangeldy Otarbaev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, 2725571@mail.ru

Svetlana Girnis, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Pavlodar state University named after S. Toraigyrov, Pavlodar, Kazakhstan, girnis@mail.ru

Abstract. The transport load acting on the tunnel (the load from moving in-tunnel vehicles) creates fluctuations in the lining of the tunnel and the surrounding rock mass. The deformations and stresses arising in this process largely depend on the structure of the lining of the tunnel, the type and parameters of the load, and on the depth of the tunnel. Experimental methods for studying the vibration processes that occur in tunnels due to the action of transport loads require significant material costs, and in some cases, it is not possible. Therefore, there is a need for effective methods of dynamic calculations of tunnel structures, which are based on mathematical models using modern representations of mechanics.

This article provides a solution to the problem mathematically modeling the dynamics supported by a three-layer lining of a shallow tunnel under the action of a transport load. A three-layer lining is considered as a circular cylindrical three-layer shell with a thick inner layer and thin outer layers. The dynamic equations of the theory of elasticity in Lamé potentials are used to describe the motion of the half-space and the inner layer of the shell. Fluctuations of the outer layers of the shell are described by the classical equations of the theory of thin shells. Equations are represented in a moving coordinate system. The contact between the shell layers and the surrounding array relied rigid.

Initially, a randomly running circumferential load is assumed sinusoidal along the axis of the shell. The method of incomplete separation of variables is proposed to solve the problem. The solution for potentials is presented in the form of a superposition of Fourier – Bessel series and contour integrals of the Fourier type. Next, the method of expanding potentials into plane waves and expanding plane waves in series in cylindrical functions is used. Then, the obtained solution is used to solve the problem of the action of a moving load on the shell, which does not have periodicity, but can be represented as a Fourier integral. The solution is obtained for the case when the speed of the load is less than its critical speeds.

Keywords: tunnel, elastic half-space, three-layered shell, moving load, tense-deformed condition.

УДК 624.195:539.3

В.Н. Украинец¹, Ж.О. Отарбаев², С.Р. Гирнис¹

¹Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан

²Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОДКРЕПЛЕННОГО ТРЕХСЛОЙНОЙ ОБДЕЛКОЙ ТОННЕЛЯ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ

Аннотация. Решена задача о действии подвижной нагрузки на трехслойную оболочку в упругом полупространстве. Для описания движения полупространства и внутреннего слоя оболочки используются динамические уравнения теории упругости в потенциалах Ламе, колебания наружных слоев оболочки описываются классическими уравнениями теории тонких оболочек. Первоначально произвольная в окружном направлении бегущая нагрузка полагается синусоидальной по оси оболочки. Для решения задачи предложен метод неполного разделения переменных. Затем полученное решение используется для решения задачи о действии на оболочку движущейся нагрузки, не обладающей периодичностью, но представимой в виде интеграла Фурье. Решение получено для случая, когда скорость движения нагрузки меньше её критических скоростей. Данная задача математически моделирует динамику подкрепленного трехслойной обделкой тоннеля мелкого заложения при действии транспортной нагрузки (нагрузки от движущегося внутритоннельного транспорта).

Ключевые слова: тоннель, упругое полупространство, трехслойная оболочка, подвижная нагрузка, напряженно-деформированное состояние.

Действующая на тоннель транспортная нагрузка создаёт колебания в обделке тоннеля и окружающем массиве пород. Возникающие при этом деформации и напряжения в значительной мере зависят от конструкции обделки тоннеля, вида и параметров нагрузки, а также от глубины заложения тоннеля. Следует заметить, что экспериментальные методы исследования вибрационных процессов, возникающих в тоннелях вследствие действия транспортных нагрузок, требуют значительных материальных затрат, а в некоторых случаях их проведение не представляется возможным. В связи с этим, необходимы эффективные методы динамических расчётов конструкций тоннелей, основанные на математических моделях с

использованием современных представлений механики.

Постановка задачи. При использовании для исследований модельного подхода транспортный тоннель мелкого заложения можно представить, как расположенную в линейноупругом, однородном и изотропном полупространстве (массиве) бесконечно длинную круговую цилиндрическую трехслойную оболочку, внутренним слоем которой является толстостенная оболочка (заполнитель), а внешние слои (обшивка) представляют собой тонкостенные оболочки с радиусами срединных поверхностей R_1 , R_2 и толщинами h_{01} , h_{02} (рисунок 1).

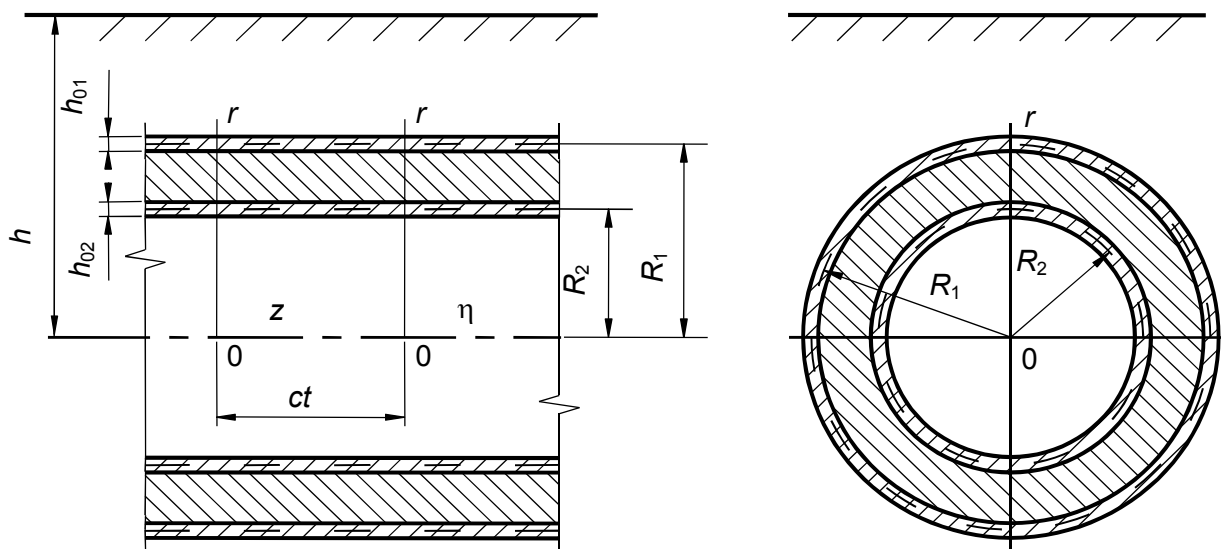


Рисунок 1 – Трёхслойная оболочка в упругом полупространстве
Figure 1 – Three-layer shell in elastic half-space

В силу малости толщины составляющих обшивку слоев допускается, что они контактируют с заполнителем и окружающим массивом вдоль срединных поверхностей. При этом контакт между оболочкой и массивом полагается либо жестким, либо скользящим при двусторонней связи в радиальном направлении. Контакт между слоями оболочки полагается жёстким. Плоская

граница полупространства свободна от нагрузок.

По внутренней поверхности оболочки в направлении ее оси z с постоянной скоростью c движется нагрузка интенсивностью P , вид которой не меняется с течением времени (стационарная нагрузка). Скорость движения нагрузки принимается дозвуковой, т. е. меньше скоростей

распространения волн сдвига в заполнителе и массиве. Физико-механические свойства массива и заполнителя характеризуются соответственно следующими постоянными: $\nu_1, \mu_1, \rho_1; \nu_2, \mu_2, \rho_2$, где ν_k – коэффициент Пуассона, μ_k – модуль сдвига, ρ_k – плотность ($k = 1, 2$). В

дальнейшем индекс $k = 1$ относится к массиву, а $k = 2$ – к заполнителю.

Для описания движения массива и заполнителя используются динамические уравнения теории упругости в связанной с нагрузкой подвижной системой координат $(r, \theta, \eta = z - ct)$ [1]

$$(M_{pk}^{-2} - M_{sk}^{-2}) \text{graddiv} \mathbf{u}_k + M_{sk}^{-2} \nabla^2 \mathbf{u}_k = \partial^2 \mathbf{u}_k / \partial \eta^2, \quad k=1, 2, \quad (1)$$

где $M_{pk} = c / c_{pk}, M_{sk} = c / c_{sk}$ – числа Маха; $c_{pk} = \sqrt{(\lambda_k + 2\mu_k) / \rho_k}, c_{sk} = \sqrt{\mu_k / \rho_k}$ – скорости распространения волн расширения-сжатия и сдвига в массиве и заполнителе, $\lambda_k = 2\mu_k \nu_k / (1 - 2\nu_k); \mathbf{u}_k$ –

векторы смещений точек массива и заполнителя, ∇^2 – оператор Лапласа.

Колебания слоев обшивки описываются классическими уравнениями теории тонких оболочек в подвижной системе координат [1-3]

$$\begin{aligned} & \left[1 - \frac{(1 - \nu_{0k}) \rho_{0k} c^2}{2\mu_{0k}} \right] \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \eta^2} + \frac{1 - \nu_{0k}}{2R_k^2} \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \theta^2} + \frac{1 + \nu_{0k}}{2R_k} \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \eta \partial \theta} + \frac{\nu_{0k}}{R_k} \frac{\partial u_{0rk}}{\partial \eta} = \\ & \frac{1 - \nu_{0k}}{2\mu_{0k} h_{0k}} (q_{\eta k} - q_{\eta R_k}), \\ & \frac{1 + \nu_{0k}}{2R_k} \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \eta \partial \theta} + \frac{(1 - \nu_{0k})}{2} \left(1 - \frac{\rho_{0k} c^2}{\mu_{0k}} \right) \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \eta^2} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \theta^2} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial u_{0rk}}{\partial \theta} = \\ & \frac{1 - \nu_{0k}}{2\mu_{0k} h_{0k}} (q_{\theta k} - q_{\theta R_k}), \\ & \frac{\nu_{0k}}{R_k} \frac{\partial u_{0\eta k}}{\partial \eta} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial u_{0\theta k}}{\partial \theta} + \frac{h_{0k}^2}{12} \nabla^2 \nabla^2 u_{0rk} + \frac{(1 - \nu_{0k}) \rho_{0k} c^2}{2\mu_{0k}} \frac{\partial^2 u_{0rk}}{\partial \eta^2} + \frac{u_{0rk}}{R_k^2} = \\ & - \frac{1 - \nu_{0k}}{2\mu_{0k} h_{0k}} (q_{rk} - q_{rR_k}). \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь для наружного слоя обшивки $k = 1$, для внутреннего – $k = 2$; $\nu_{0k}, \mu_{0k}, \rho_{0k}$ – соответственно коэффициент Пуассона, модуль сдвига и плотность материалов слоев обшивки; $u_{0\eta k}, u_{0\theta k}, u_{0rk}$ – перемещения точек срединных поверхностей слоев обшивки; $q_{jR_2} = \sigma_{rj2}|_{r=R_2}, q_{j1} = \sigma_{rj2}|_{r=R_1}, q_{jR_1} = \sigma_{rj1}|_{r=R_1}$ – составляющие реакции заполнителя и массива, $j = \eta, \theta, r$ (при скользящем контакте оболочки с массивом $q_{\eta R_1} = q_{\theta R_1} = 0$); $\sigma_{rj1}, \sigma_{rj2}$ – компоненты

тензоров напряжений в массиве и заполнителе, $q_{j2} = P_j(\theta, \eta), P_j(\theta, \eta)$ – составляющие интенсивности подвижной нагрузки $P(\theta, \eta), j = \eta, \theta, r$.

Так как граница полупространства свободна от нагрузок, то, при $x = h$

$$\sigma_{xx1} = \sigma_{xy1} = \sigma_{x\eta1} = 0 \quad (3)$$

При различных контактных условиях оболочки с массивом граничные условия имеют вид:

- для скользящего контакта оболочки с массивом

$$\begin{aligned} \text{при } r = R_1 \quad u_{r1} = u_{r2}, \quad u_{j2} = u_{0j1}, \\ \sigma_{r\eta 1} = 0, \quad \sigma_{r\theta 1} = 0, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{при } r = R_2 \quad u_{j2} = u_{0j2}, \quad j = r, \theta, \eta;$$

- для жёсткого контакта оболочки с массивом

$$\mathbf{u}_k = \text{grad } \varphi_{1k} + \text{rot}(\varphi_{2k} \mathbf{e}_\eta) + \text{rot rot}(\varphi_{3k} \mathbf{e}_\eta), \quad k = 1, 2, \quad (6)$$

которые, как следует из (1) и (6), удовлетворяют уравнениям

$$\nabla^2 \varphi_{jk} = M_{jk}^2 \partial^2 \varphi_{jk} / \partial \eta^2, \quad j = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2 \quad (7)$$

$$\text{где } M_{1k} = M_{pk}, \quad M_{2k} = M_{3k} = M_{sk}.$$

Через эти же потенциалы, используя (6) и закон Гука, можно выразить компоненты тензоров напряжений σ_{lmk} в массиве ($k = 1$) и заполнителе ($k = 2$) в цилиндрической ($l, m = r, \theta, \eta$) системе координат, а также σ_{lm1} в декартовой ($l, m = x, y, \eta$) системе координат.

$$P(\theta, \eta) = p(\theta) e^{i\xi\eta}, \quad p(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n e^{in\theta}, \quad (8)$$

$$P_j(\theta, \eta) = p_j(\theta) e^{i\xi\eta}, \quad p_j(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_{nj} e^{in\theta}, \quad j = r, \theta, \eta,$$

где константа ξ определяет период $T = 2\pi / \xi$ действующей нагрузки.

В установившемся состоянии зависимость всех величин от η имеет вид (8), поэтому

$$\varphi_{jk}(r, \theta, \eta) = \Phi_{jk}(r, \theta) e^{i\xi\eta}, \quad j = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2 \quad (9)$$

$$u_{0jk}(\theta, \eta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u_{0nj} e^{in\theta} e^{i\xi\eta}, \quad j = r, \theta, \eta, \quad k = 1, 2 \quad (10)$$

Из (7) и (9) следует, что

$$\nabla_2^2 \Phi_{jk} - m_{jk}^2 \xi^2 \Phi_{jk} = 0, \quad j = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2, \quad (11)$$

где $m_{jk} = (1 - M_{jk}^2)^{1/2}$, $m_{1k} = m_{pk}$, $m_{2k} = m_{3k} \equiv m_{sk}$, ∇_2^2 – двумерный оператор Лапласа.

Используя (9), можно получить выражения для перемещений u_{lk}^* и

напряжений σ_{lmk}^* ($l, m = r, \theta, \eta$) в массиве ($k = 1$) и заполнителя ($k = 2$), а также u_{l1}^* , σ_{lm1}^* ($l, m = x, y, \eta$) в массиве от синусоидальной нагрузки как функции от Φ_{jk} (* означает, что данные компоненты

найлены при действии на оболочку синусоидальной подвижной нагрузки).

В дозвуковом случае $M_{sk} < 1$ ($m_{sk} > 0, k = 1, 2$), и решения уравнений (11) можно представить в виде [1-4]

$$\Phi_{jk} = \Phi_{jk}^{(1)} + \Phi_{jk}^{(2)}, j = 1, 2, 3, k = 1, 2 \quad (12)$$

где:

- для массива

$$\Phi_{j1}^{(1)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} K_n(k_{j1}r) e^{in\theta}, \Phi_{j1}^{(2)} = \int_{-\infty}^{\infty} g_j(\xi, \zeta) \exp\left(iy\zeta + (x-h)\sqrt{\zeta^2 + k_{j1}^2}\right) d\zeta; \quad (13)$$

- для заполнителя

$$\Phi_{j2}^{(1)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj+3} K_n(k_{j2}r) e^{in\theta}, \Phi_{j2}^{(2)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj+6} I_n(k_{j2}r) e^{in\theta}. \quad (14)$$

Здесь $I_n(k_j r), K_n(k_j r)$ – соответственно модифицированные функции Бесселя и функции Макдональда, $k_{j1} = |m_{j1}\xi|, k_{j2} = |m_{j2}\xi|, j = 1, 2, 3; g_j(\xi, \zeta), a_{n1}, \dots, a_{n9}$ – неизвестные функции и коэффициенты, подлежащие определению.

Как показано в [3, 4], представление потенциалов для полупространства в форме (12) приводит к их следующим выражениям в декартовой системе координат:

$$\Phi_{j1} = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{e^{-xf_j}}{2f_j} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} \Phi_{nj} + g_j(\xi, \zeta) e^{(x-h)f_j} \right] e^{iy\zeta} d\zeta \quad (15)$$

где $f_j = \sqrt{\zeta^2 + k_{j1}^2}, \Phi_{nj} = [(\zeta + f_j)/k_{j1}]^n, j = 1, 2, 3.$

Воспользуемся переписанными для σ_{xnl}^* ($m = x, y, \eta$) граничными условиями (3), с учетом (15). Выделяя коэффициенты при $e^{iy\zeta}$ и приравнявая, в силу произвольности

y , их нулю, получим систему трех уравнений, из которой выражаем функции $g_j(\xi, \zeta)$ через неизвестные коэффициенты

$a_{n1}, a_{n2}, a_{n3} :$

$$g_j(\xi, \zeta) = \frac{1}{\Delta^*} \sum_{l=1}^3 \Delta_{jl}^* e^{-hf_l} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nl} \Phi_{nl} \quad (16)$$

Вид определителя Δ^* и алгебраических дополнений Δ_{jl}^* совпадает с аналогичными определителями для неподкрепленной полости в упругом

полупространстве и определен в [1, 4]. В частности, здесь Δ^* – это определитель Рэлея, который в данном случае имеет вид

$$\Delta^* = (2\rho_*^2 - \beta^2)^2 - 4\rho_*^2 \sqrt{\rho_*^2 - \alpha^2} \sqrt{\rho_*^2 - \beta^2}, \alpha = M_{p1}\xi, \beta = M_{s1}\xi, \rho_*^2 = \xi^2 + \zeta^2,$$

и не обращается в ноль при любых ζ , если скорость движения нагрузки меньше скорости рэлеевской волны c_R в полупространстве. В противном случае в точках $\zeta = \pm \zeta^* = \pm |\xi| \sqrt{M_R^2 - 1}$, $M_R = c / c_R$

он обращается в ноль, и интегралы в формуле (15) становятся расходящимися.

Пусть $c < c_R$. В этом случае все подынтегральные функции в (13) непрерывны и экспоненциально стремятся к нулю на бесконечности. С учетом (16), формулы (15) имеют вид

$$\Phi_{j1} = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{e^{-xf_j}}{2f_j} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} \Phi_{nj} + e^{(x-h)f_j} \sum_{l=1}^3 \frac{\Delta_{jl}^*}{\Delta^*} e^{-hf_l} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nl} \Phi_{nl} \right] e^{iy\zeta} d\zeta. \quad (17)$$

Следует отметить, что скорость рэлеевской волны c_R несколько ниже (на $5 \div 10\%$) скорости волн сдвига в массиве.

Используя известное при $x < h$ соотношение [3]

$$\exp(iy\zeta + (x-h)\sqrt{\zeta^2 + k_j^2}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} I_n(k_j r) e^{in\theta} \left[\left(\zeta + \sqrt{\zeta^2 + k_j^2} \right) / k_j \right]^n e^{-h\sqrt{\zeta^2 + k_j^2}},$$

представим Φ_{j1} (12) в цилиндрической системе координат

$$\Phi_{j1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left(a_{nj} K_n(k_{j1} r) + I_n(k_{j1} r) \int_{-\infty}^{\infty} g_j(\xi, \zeta) \Phi_{nj} e^{-hf_j} d\zeta \right) e^{in\theta}$$

Подставляя в последнее выражение из (16) $g_j(\xi, \zeta)$, для $c < c_R$ получим

$$\Phi_{j1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} (a_{nj} K_n(k_{j1} r) + b_{nj} I_n(k_{j1} r)) e^{in\theta}, \quad (18)$$

где $b_{nj} = \sum_{l=1}^3 \sum_{m=-\infty}^{\infty} a_{ml} A_{nj}^{ml}$, $A_{nj}^{ml} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Delta_{jl}^*}{\Delta^*} \Phi_{ml} \Phi_{nj} e^{-h(f_l + f_j)} d\zeta$.

где неизвестными будут только коэффициенты a_{nj} .

Подставляя найденные для потенциалов соотношения в выражения для u_{lk}^* и σ_{lmk}^* , получим новые выражения,

Подставляя (10) в (2), для n -го члена разложения получим

$$\begin{aligned} \varepsilon_{1k}^2 u_{0m\eta k} + \nu_{02k} n \xi_{0k} u_{0n\theta k} - 2i\nu_{0k} \xi_{0k} u_{0nrk} &= G_{0k} (q_{m\eta k} - q_{m\eta R_k}), \\ \nu_{02k} n \xi_{0k} u_{0m\eta k} + \varepsilon_{2k}^2 u_{0n\theta k} - 2inu_{0nrk} &= G_{0k} (q_{n\theta k} - q_{n\theta R_k}), \\ 2i\nu_{0k} \xi_{0k} u_{0m\eta k} + 2inu_{0n\theta k} + \varepsilon_{3k}^2 u_{0nrk} &= G_{0k} (q_{nrk} - q_{nr R_k}), \end{aligned} \quad (19)$$

где $k = 1, 2$; $\varepsilon_{1k}^2 = \alpha_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2$, $\varepsilon_{2k}^2 = \beta_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2$, $\varepsilon_{3k}^2 = \gamma_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2$, $\xi_{0k} = \xi R_k$,

$\alpha_{0k}^2 = 2\xi_{0k}^2 + \nu_{01k} n^2$, $\beta_{0k}^2 = \nu_{01k} \xi_{0k}^2 + 2n^2$, $\gamma_{0k}^2 = \chi_k^2 (\xi_{0k}^2 + n^2)^2 + 2$, $\varepsilon_{0k}^2 = \nu_{01k} \xi_{0k}^2 M_{s0k}^2$,

$\nu_{01k} = 1 - \nu_{0k}$, $\nu_{02k} = 1 + \nu_{0k}$, $M_{s0k} = c / c_{s0k}$, $c_{s0k} = \sqrt{\frac{\mu_{0k}}{\rho_{0k}}}$, $\chi_k^2 = \frac{h_{0k}^2}{6R_k^2}$, $G_{0k} = -\frac{\nu_{01k} R_k^2}{\mu_{0k} h_{0k}}$;

$q_{nj1} = (\sigma_{rj2}^*)|_{r=R_1}$, $q_{jR_1} = (\sigma_{rj1}^*)|_{r=R_1}$, $q_{nj2} = P_{nj}(\theta, \eta)$, $q_{jR_2} = (\sigma_{rj2}^*)|_{r=R_2}$, $j = \eta, \theta, r$.

Разрешая (19) относительно $u_{0n\eta k}$, $u_{0n\theta k}$, u_{0nrk} , находим

$$\begin{aligned} u_{0n\eta k} &= \frac{G_{0k}}{\delta_{nk}} \sum_{j=1}^3 \delta_{\eta jk} (q_{\eta jk} - q_{\eta jR_k}), \\ u_{0n\theta k} &= \frac{G_{0k}}{\delta_{nk}} \sum_{j=1}^3 \delta_{\theta jk} (q_{\theta jk} - q_{\theta jR_k}), \\ u_{0nrk} &= \frac{G_{0k}}{\delta_{nk}} \sum_{j=1}^3 \delta_{rjk} (q_{rjk} - q_{rjR_k}). \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \text{Здесь } \delta_{nk} &= \delta_{|n|k} = (\varepsilon_{1k} \varepsilon_{2k} \varepsilon_{3k})^2 - (\varepsilon_{1k} \xi_1)^2 - (\varepsilon_{2k} \xi_{2k})^2 - (\varepsilon_{3k} \xi_{3k})^2 + 2\xi_1 \xi_{2k} \xi_{3k}, \\ \delta_{\eta 1k} &= (\varepsilon_{2k} \varepsilon_{3k})^2 - \xi_1^2, \quad \delta_{\eta 2k} = \xi_1 \xi_{2k} - \xi_{3k} \varepsilon_{3k}^2, \quad \delta_{\eta 3k} = i(\varepsilon_{2k}^2 \xi_{2k} - \xi_1 \xi_{3k}), \\ \delta_{\theta 1k} &= \delta_{\eta 2k}, \quad \delta_{\theta 2k} = (\varepsilon_{1k} \varepsilon_{3k})^2 - \xi_{2k}^2, \quad \delta_{\theta 3k} = i(\varepsilon_{1k}^2 \xi_1 - \xi_{2k} \xi_{3k}), \\ \delta_{r 1k} &= -\delta_{\eta 3k}, \quad \delta_{r 2k} = -\delta_{\theta 3k}, \quad \delta_{r 3k} = (\varepsilon_{1k} \varepsilon_{2k})^2 - \xi_{3k}^2, \\ \xi_1 &= 2n, \quad \xi_{2k} = 2v_{0k} \xi_{0k}, \quad \xi_{3k} = v_{02k} \xi_{0k} n, \end{aligned}$$

для $q_{\eta jk}$ и $q_{\eta jR_k}$ индекс $j = 1$ соответствует индексу η , $j = 2 - \theta$, $j = 3 - r$.

Для определения коэффициентов a_{n1}, \dots, a_{n9} воспользуемся, в зависимости от условия сопряжения оболочки со средой, переписанными для u_{lk}^* ($l = r, \theta, \eta$) и $\sigma_{r\eta 1}^*$, $\sigma_{r\theta 1}^*$ граничными условиями (4) или (5). Подставляя в граничные условия соответствующие выражения и приравнявая коэффициенты рядов при $e^{in\theta}$, получим бесконечную систему ($n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) линейных алгебраических уравнений, для решения которой можно использовать метод редукции или более удобный для решения поставленной задачи

метод последовательных отражений [3], позволяющий при каждом последовательном отражении решать систему линейных уравнений блочно-диагонального вида.

Зная решение задачи для синусоидальной нагрузки, реакцию оболочки и окружающей её среды на движущуюся с постоянной скоростью аperiодическую (локальную) нагрузку вида $P(\theta, \xi) = p(\theta)p(\eta)$ (характерного для транспортных средств) можно найти при помощи суперпозиции, используя представление нагрузки и компонент напряженно-деформированного состояния массива и заполнителя в виде интегралов Фурье

$$\begin{aligned} P(\theta, \eta) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P^*(\theta, \xi) e^{i\xi\eta} d\xi = p(\theta)p(\eta) = p(\theta) \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} p^*(\xi) e^{i\xi\eta} d\xi, \\ P_m(\theta, \eta) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P_m^*(\theta, \xi) e^{i\xi\eta} d\xi = p_m(\theta)p(\eta) = p_m(\theta) \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} p^*(\xi) e^{i\xi\eta} d\xi, \\ m &= r, \theta, \eta; \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} u_{lk}(r, \theta, \eta) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} u_{lk}^*(r, \theta, \xi) p^*(\xi) d\xi, \quad \sigma_{lmk}(r, \theta, \eta) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \sigma_{lmk}^*(r, \theta, \xi) p^*(\xi) d\xi. \\ l &= r, \theta, \eta, \quad m = r, \theta, \eta, \quad k = 1, 2. \end{aligned}$$

$$\text{Здесь } p^*(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} p(\eta) e^{-i\xi\eta} d\eta.$$

Для вычислений перемещений и напряжений (21) можно использовать любой численный метод интегрирования, если определители $\Delta_n(\xi, c)$ разрешающей системы линейных алгебраических уравнений отличны от нуля, т.е. когда скорость движения нагрузки c меньше её критических скоростей $c_{(n)*}$, которые могут оказаться меньше, чем скорость волны Рэлея в окружающем упругом массиве. Значения $c_{(n)*}$ зависят от числа n и определяются из дисперсионных уравнений $\Delta_n(\xi, c) = 0$ как минимумы

соответствующих этим уравнениям дисперсионных кривых $c \sim \xi$. Причём, минимальная критическая скорость, как показывают расчёты, имеет место при $n = 0$ ($\min c_{(n)*} = c_{(0)*}$) [2].

Выводы. В строгой математической постановке решена задача о действии подвижной нагрузки на трехслойную оболочку в упругом полупространстве. Установлен допустимый диапазон скоростей движения нагрузки. Решение данной задачи рекомендуется использовать для динамического расчета подкрепленных трехслойными обделками тоннелей мелкого заложения при действии транспортных нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Украинец В.Н., Гирнис С.Р. Математическое моделирование динамики подкрепленных двухслойными оболочками тоннелей при действии транспортных нагрузок. – Павлодар: Кереку, 2018. – 116 с.
- [2] Alekseyeva L.A., Ukrainets V.N. Dynamics of an elastic half-space with a reinforced cylindrical cavity under moving loads. // International Applied Mechanics. – 2009. – Vol. 45. – № 9. – P. 75-85.
- [3] Украинец В.Н. Динамика тоннелей и трубопроводов мелкого заложения под воздействием подвижных нагрузок. – Павлодар: НИЦ ПГУ, 2006. – 123 с.
- [4] Ержанов Ж.С., Айтиалиев Ш.М., Алексеева Л.А. Динамика тоннелей и подземных трубопроводов. – Алма-Ата: Наука, 1989. – 240 с.

REFERENCES

- [1] Ukrainets V.N., Girnis S.R. *Matematicheskoe modelirovanie dinamiki podkreplennykh dvuhslojnyimi obolochkami tonnelej pri dejstvii transportnyh nagruzok* [in Russian: Mathematical modeling of the dynamics of tunnels supported by two-layer shells under the action of transport loads]. Pavlodar, Kereku Publ., 2018, 116 p.
- [2] Alekseyeva L.A., Ukrainets V.N. Dynamics of an elastic half-space with a reinforced cylindrical cavity under moving loads // International Applied Mechanics. – 2009. – Vol. 45. – № 9. – P. 75-85.
- [3] Ukrainets V.N. *Dinamika tonnelej i truboprovodov melkogo zalozhenija pod vozdeystviem podviznyh nagruzok* [in Russian: Dynamics of shallow tunnels and underground pipelines under moving loads]. Pavlodar, The scientific publishing center of PSU named after S.Toraigyrov Publ., 2006, 123 p.
- [4] Erzhanov Zh.S., Aitaliev Sh.M., Alekseyeva L.A. *Dinamika tonnelej i podzemnyh truboprovodov* [in Russian: Dynamics of tunnels and underground pipelines]. Alma-Ata, Nauka Publ., 1989, 240 p.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОДКРЕПЛЕННОГО ТРЕХСЛОЙНОЙ ОБДЕЛКОЙ ТОННЕЛЯ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ

Украинец Виталий Николаевич, д.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан, vitnikukr@mail.ru

Отарбаев Жангельды Отарбаевич, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, 2725571@mail.ru

Гирнис Светлана Римонтасовна, к.т.н., ассоциированный профессор, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан, girnis@mail.ru

КӨЛІК ЖҮКТЕМЕСІ ӘСЕР ЕТКЕНДЕ ҮШ ҚАБАТТЫ ҚАПТАМАМЕН КҮШЕЙТІЛГЕН ТАЯЗ КӨМІЛГЕН ТОННЕЛЬДІ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛДЕУ

Украинец Виталий Николаевич, т.ғ.д., профессор, С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан, vitnikukr@mail.ru

Отарбаев Жангельды Отарбаевич, т.ғ.д., профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, 2725571@mail.ru

Гирнис Светлана Римонтасовна, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан, girnis@mail.ru

Аңдатпа. Серпімді жартылай кеңістікте орналасқан үш қабатты қабықшаға жылжымалы жүктемесінің әрекеті туралы есебі шешілген. Қабықшаның сыртқы қабаттарының тербелісі жұқа қабықша теориясының классикалық теңдеулермен қарастырылды, ал ішкі қабықшаның қабаты мен жартылай кеңістіктің қозғалысын сипаттау үшін Ламе потенциалдардағы серпімді теорияның динамикалық теңдеулері қолданылды. Бастапқыда айналма бағытта еркін жылжымалы жүктемесі қабықша осі бойынша синусоидалы деп саналады. Тапсырманы шешу үшін айнымалылардың толық бөлінбеу әдісі ұсынылды. Содан кейін алынған шешім мерзімділігі жоқ, бірақ Фурье интегралы түрінде ұсынылған жылжымалы жүктеменің қабықшасына әсері туралы тапсырманы шешу үшін қолданылады. Шешім жүктеме қозғалысының жылдамдығы оның сыни жылдамдығынан аз болған жағдайда алынды. Бұл есеп үш қабат қаптамасымен күшейтілген таяз орналасқан тоннельде көліктің жүктемесі (тоннельдің ішінде жылжымалы көлігінің жүктемесі) әсер еткенде динамикасын математикалық модельдейді.

Түйін сөздер: тоннель, серпімді жартылай кеңістігі, үшқабат қабықша, жылжымалы жүктеме, кернеу-деформациялық күйі.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.45-52

INFLUENCE OF AGING AND PLASTIC DEFORMATION ON MECHANICAL PROPERTIES AND STRUCTURE OF ALUMINUM ALLOY AD31

Assemgul Uderbayeva, doktor filosofii PhD, Associate Professor, Almaty University of Technology, Almaty, Kazakhstan, toleubek_a@mail.ru;

Gulzira Nurakhmetova, doktor filosofii PhD Assistant Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; nurahmetova52@mail.ru

Aigerim Nauryzbayeva, Assistant, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan; aigerimnauryz@mail.ru

Abstract. At present, aluminum alloys are widely used due to the complex of mechanical, physical, and corrosion properties that are valuable for engineering, high manufacturability, and significant natural reserves of aluminum. Improving the complex properties of industrial aluminum alloys is an urgent task. Aluminum alloys are widely used in everyday life, in construction and architecture, in the automotive industry, in shipbuilding, aviation and space technology. Materials used in modern structures, in addition to high strength characteristics, must have a set of properties such as increased resistance, as well as the ability to maintain these properties in conditions of long-term work under loads. Since it is now difficult to find an industry where aluminum or its alloys are used - from microelectronics to heavy metallurgy. This is due to good mechanical properties, ease, low melting point, which facilitates processing, high external qualities, especially after special processing. Given the physical and chemical properties of aluminum, its inexhaustible amount in the earth's crust, we can say that aluminum is one of the most promising materials of the future. This article is devoted to an experimental study of the effect of aging and plastic deformation on the structure of the deformable aluminum alloy AD31. As it was said at the beginning, it has been known for a long time that aluminum deformable alloys belong to the category of aging. The strength and yield limits of some aluminum alloys are also indicated here. The dependence of the average grain size of samples made of AD31 alloy at a temperature of 490 °C for compression tests based on the amount of plastic deformation is established from the research results. Here it is shown and proved. it is not possible to form a structure with a particularly fine grain (less than 10 microns) during hot plastic deformation.

Keywords: aluminum, deformation, aging, tensile strength, yield strength, tensile