

Научная статья

УДК 629.46 : 621.45.018.2 : 629.3.018.2

doi:10.46684/2687-1033.2021.3.327-338

Стенд для исследования динамики и прочности тележки грузового вагона

О.Д. Покровская

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС); г. Санкт-Петербург, Россия; insight1986@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9793-0666>

АННОТАЦИЯ

Цель исследования — характеристика лабораторного оборудования нового поколения, отвечающего требованиям, которые предъявляются сегодня к подготовке специалистов по подвижному составу железных дорог.

Установлено, что ввод нового подвижного состава с увеличенной грузоподъемностью является основной тенденцией современного вагоностроения и должен сопровождаться соответствующей подготовкой высококвалифицированных специалистов, способных к дальнейшему развитию грузовых вагонов нового поколения. Отмечено, что проведение учебно-исследовательских занятий предусматривает изучение не только проблем прочности, но и получение навыков работы с цифровыми технологиями сбора и передачи данных. Дана развернутая характеристика разработанного на кафедре «Вагоны и вагонное хозяйство» ПГУПС специализированного стенда для изучения свойств динамики и прочности грузовых вагонов лабораторного стенда. В частности, показано устройство базовой тележки модели 18-9855, описана технология работы стенда, даны иллюстрационные материалы по устройству и принципу действия запроецированного стенда. Для практических лабораторных занятий предложен типовой вариант лабораторной работы с применением данного стенда. Показано, что вовлечение студентов в выполнение практических экспериментов и прикладных стендовых исследований повышает интерес к будущей профессии и позволяет сформировать прочные навыки по практической диагностике текущего состояния грузового вагона.

Ключевые слова: специализированный стенд; тележка грузового вагона; лабораторные работы; динамика и прочность грузового вагона; прикладные стендовые исследования; цифровые технологии; вагоны нового поколения

Для цитирования: Покровская О.Д. Стенд для исследования динамики и прочности тележки грузового вагона // Техник транспорта: образование и практика. 2021. Т. 2. Вып. 3. С. 327–338. <https://doi.org/10.46684/10.46684/2687-1033.2021.3.327-338>.

Original article

A stand for researching the dynamics and strength of a freight wagons bogie

Oksana D. Pokrovskaya

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS); Saint Petersburg, Russian Federation; insight1986@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9793-0666>

ABSTRACT

The purpose of the study is to characterize the laboratory equipment of a new generation that meets the requirements that are imposed today on the training of specialists in the rolling stock of railways. Analytical, diagnostic and didactic methods, theory and methodology of design and mechanics of freight wagon, theory of complex systems, systems engineering, modeling, as well as methodological tools for organizing experiments were used. The scientific novelty is the constructive and technological scheme of a specialized laboratory stand; a didactic set of materials for organizing laboratory work using this stand.

It has been established that the introduction of a new rolling stock with an increased carrying capacity is the main trend of modern car building and should be accompanied by appropriate training of highly qualified specialists capable of further development of new generation freight wagons. It is noted that conducting educational

© О.Д. Покровская, 2021

and research sessions involves studying not only the problems of strength, but also acquiring skills in working with digital technologies for collecting and transmitting data. A detailed description is given of a specialized stand developed at the Department of "Wagons and Carriage Facilities" of PGUPS for studying the properties of dynamics and strength of freight wagons of the laboratory stand. In particular, the device of the base trolley model 18-9855 is shown, the technology of the stand operation is described, illustrative materials are given on the structure and principle of operation of the projected stand. For practical laboratory exercises, a typical version of laboratory work with the use of this stand is proposed. It is shown that the involvement of students in the implementation of practical experiments and applied bench research increases interest in the future profession and allows the formation of strong skills in practical diagnostics of the current state of a freight wagon.

Keywords: specialized stand; freight car bogie; laboratory works; dynamics and strength of a freight wagon; applied bench research; digital technologies; new generation wagons

For citation: Pokrovskaya O.D. A stand for researching the dynamics and strength of a freight wagons bogie. *Transport technician: education and practice*. 2021;2(3):327-338. (In Russ.). <https://doi.org/10.46684/10.46684/2687-1033.2021.3.327-338>.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях стратегического приоритета развития железнодорожного транспорта в части повышения весовых норм грузовых поездов особое значение приобретает проблематика эксплуатации инновационных вагонов на пространстве 1520¹.

Следует отметить, что ввод нового подвижного состава с увеличенной грузоподъемностью является основной тенденцией как отечественного, так и зарубежного вагоностроения [1, 2]. При этом, как показано в работах [3–10], увеличение провозной способности железных дорог может достигаться за счет совершенствования конструкции вагонов [3–6], а также благодаря методам эффективной организации грузодвижения [3–8] и применения логистических технологий [9, с. 10]. Определить эффективность полученных конструктивных решений возможно с помощью экономической оценки, изложенной, например, в работе [11].

Очевидно, что проектирование, запуск в серийное производство и эксплуатация инновационного подвижного состава, релевантного вызовам современного транспортного рынка, должны сопровождаться соответствующей подготовкой высококвалифицированных специалистов, способных к дальнейшему развитию грузовых вагонов нового поколения — так называемых «умных» вагонов.

С учетом компетентностного подхода, изложенного в статье [12] и развитого для ОАО «РЖД» в публикации [13], на кафедре «Вагоны и вагонное хозяйство» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС) создан специализированный лабораторный стенд для проведения исследований свойств динамики и прочности грузовых вагонов

нового поколения. Это обусловлено новыми требованиями рынка к выпускнику транспортного вуза как для компании ОАО «РЖД» в условиях вызовов современности [14], так и в целом в области проектирования и эксплуатации железнодорожного подвижного состава. Сегодня такой специалист должен обладать знаниями не только в сфере устройства вагонов и их механики, но и в полной мере владеть цифровыми технологиями получения и обработки данных о текущем состоянии вагонов. Для этого необходима разработка соответствующих инновационных методов обучения и дидактического комплекса [15].

Известен стенд, который предложен в труде [16], предназначенный для решения задач технического обслуживания и ремонта узлов железнодорожной техники в условиях реальных участков железной дороги. В настоящем исследовании представлен стенд научно-исследовательского и учебно-практического назначения.

Для формирования навыков практической работы по установлению динамических и прочностных свойств будущему специалисту требуется экспериментальный опыт определения ключевых свойств тележки грузового вагона, что и достигается посредством применения стенда в научно-исследовательских и образовательных целях.

Цель данного исследования — характеристика современного лабораторного оборудования, отвечающего требованиям, которые предъявляются сегодня к подготовке специалистов по подвижному составу железных дорог.

Объект исследования — устройство и технология работы лабораторного стенда для изучения свойств динамики и прочности тележки грузового вагона нового поколения.

¹ Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 17.06.2008 № 877-р). М.: Минтранс, 171 с.

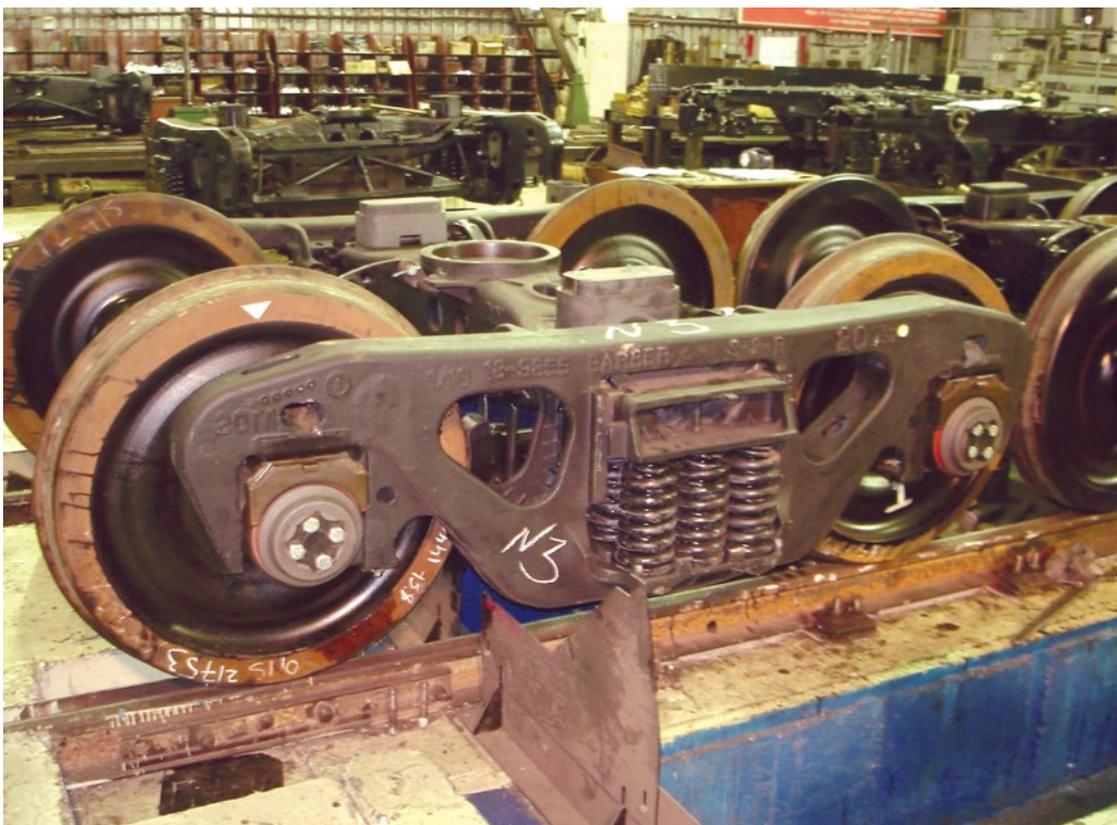


Рис. 1. Тележка модели 18-9855

Учебно-исследовательский процесс предусматривает рассмотрение не только проблем прочности, но и получение навыков работы с цифровыми технологиями сбора и передачи данных.

ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЙ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКИ

Тележка модели 18-9855, изображенная на рис. 1, изготавливается на Тихвинском вагоностроительном заводе (ТВСЗ, г. Тихвин, Ленинградская область), предназначена для установки под четырехосные грузовые вагоны с осевой нагрузкой 25 тс и конструкционной скоростью 120 км/ч.

Согласно классификации ГОСТ 9246-2013² эта тележка относится к типу 3, что означает: тележка двухосная трехэлементная с осевой нагрузкой 25 тс. Имеются две модификации — с балкой авторежима и без него. Тележка предназначена для эксплуатации на железнодорожных путях колеи 1520 мм с возможностью переоборудования колес-

ными парами и триангелями для работы на железнодорожных путях колеи 1435 мм.

Тележка обеспечивает эксплуатацию грузовых вагонов в интервале температур окружающей среды от +50 до –60 °С, что соответствует исполнению УХЛ³ категория размещения 1 по ГОСТ 15150-69⁴.

В тележке модели 18-9855 практически отсутствуют неметаллические элементы, что гарантирует ее эксплуатацию при температурах до –60 °С, а применение износостойких материалов в узлах трения обеспечивает межремонтный пробег не менее 500 тыс. км. Конструкция изнашиваемых деталей и узлов предусматривает визуальные индикаторы их предельного состояния для упрощения осмотра в эксплуатации. Устройство тележки показано на рис. 2.

Нагрузка от веса кузова с грузом воздействует на раму вагона. Через пятник рамы и скользуны кузова нагрузка передается на подпятник и скользуны постоянного контакта наддрессорной балки тележки. Далее через рессорное подвешивание — на боковые рамы тележки. От боковых рам нагруз-

² ГОСТ 9246-2013. Тележки двухосные трехэлементные грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм. М.: Стандартинформ, 2014. 24 с.

³ УХЛ — умеренный и холодный климат.

⁴ ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. М.: Стандартинформ, 2004, 58 с.

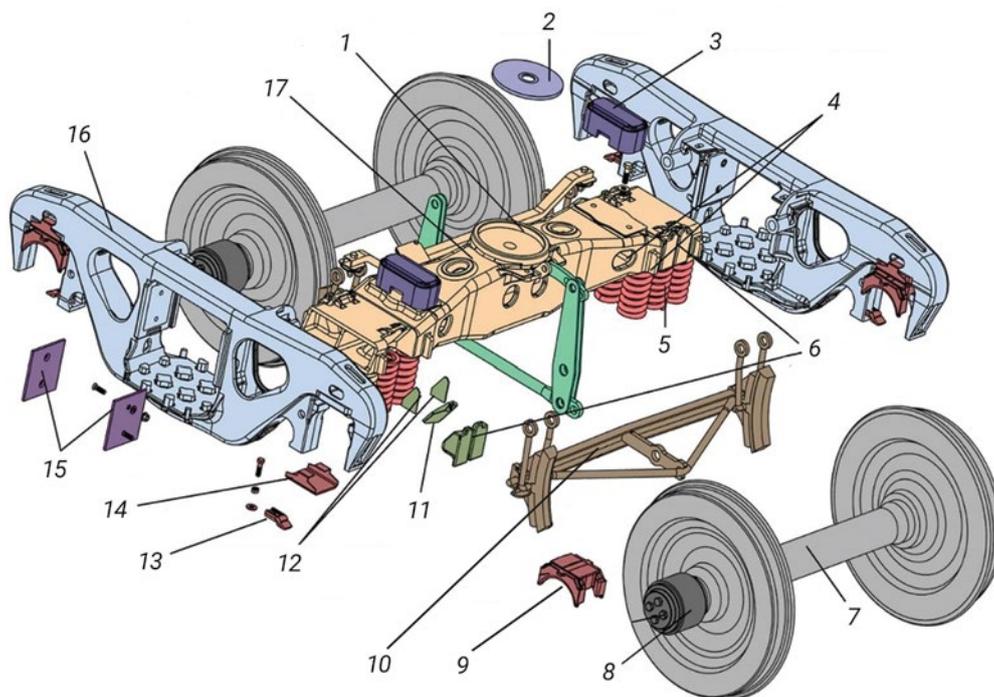


Рис. 2. Тележка модели 18-9855 с разнесенными деталями: 1 – износостойкое кольцо упорной поверхности подпятника; 2 – износостойкий вкладыш опорной поверхности подпятника; 3 – скользящий постоянный контакт; 4 – пружины рессорного подвешивания; 5 – подклиновые пружины; 6 – составной клин пространственного действия; 7 – колесная пара; 8 – двухрядный кассетный подшипник; 9 – адаптер кассетного подшипника; 10 – тормозная рычажная передача; 11 – вставка кармана наддресорной балки; 12 – износостойкие планки боковых стенок кармана наддресорной балки; 13 – блокиратор от вертикальных перемещений колесной пары; 14 – скоба опорной поверхности боковины; 15 – фрикционные планки; 16 – боковая рама; 17 – наддресорная балка

ка через адаптеры идет на кассетные подшипники колесных пар и затем от колесных пар на железнодорожный путь.

Амортизация вертикальных динамических воздействий, возникающих при движении по железнодорожному пути, осуществляется за счет вертикальной упругости пружин рессорного подвешивания. Амортизация боковых воздействий производится посредством горизонтальной упругости пружин рессорного подвешивания. Направление тележек в рельсовой колее проводится колесными парами. В кривых тележка вращается относительно шкворня, расположенного в подпятнике. Скользящие постоянные контакты предотвращают возникновение колебаний влияния тележек. Гашение колебаний выполняется фрикционными клиньями пространственного действия.

Для торможения применяются колодочные тормоза с односторонним нажатием. Усилие от тормозного цилиндра, находящегося на раме вагона, через рычажную передачу воздействует на тормозную балку (триангель) и через закрепленные на нем тормозные башмаки, тормозные колодки прижимаются к колесам.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Основу стенда составляет тележка модели 18-9855 и специально изготовленный элемент рамы вагона с тормозным оборудованием производства Тихвинского сборочного завода «Титран-Экспресс».

Стенд предназначен для следующего:

- наглядного представления устройства сопряжения кузова вагона с рамой и ходовой частью;
- изучения конструкций рамы и тележки;
- изучения конструкции и действия тормозного оборудования;
- проведения лабораторных работ и научных исследований по изучению напряжений и оценке прочностных характеристик элементов конструкции тележки при статической нагрузке.

Состав стенда для исследования параметров текущего состояния тележки показан на рис. 3.

Стенд представляет собой участок рельсошпальной решетки, закрепленный на фундаменте. Тележка установлена на рельсы таким образом, чтобы тяги нагружающего устройства проходили симметрично с обеих сторон наддресорной балки тележки. В подпятник наддресорной балки тележки

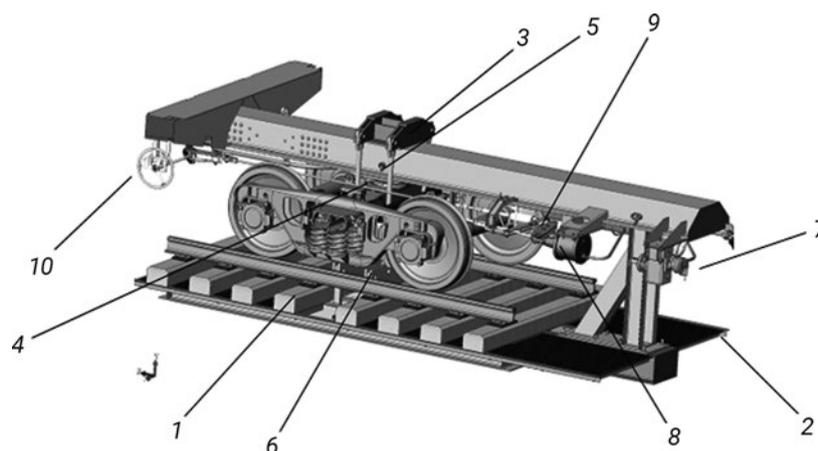


Рис. 3. Состав стенда для исследования тележки: 1 – рельсошпальная решетка; 2 – настил; 3 – рама нагрузателя; 4 – пятник-подпятник; 5 – тяга нагрузателя; 6 – балансир; 7 – воздухораспределитель 483А-03; 8 – тормозной цилиндр 710; 9 – регулятор тормозной рычажной передачи; 10 – тормоз стояночный

укрепляется пятник вагона, приваренный к плите. Тяги нагружающего устройства в нижней части (в районе фундамента) соединены шарнирно с балансиром, а в верхней части — с рамой нагрузателя.

В стенде кузов вагона имитируется хребтовой и концевой балками рамы вагона. Имитация кузова предназначена не для создания нагрузки на тележку, а только для монтажа тормозного оборудования. Хребтовая балка шарнирно крепится к опоре, которая закреплена на раме фундамента. Над пятником в хребтовой балке выполнено отверстие для свободного выхода штока гидроцилиндра, чтобы обеспечить упор штока в раму нагрузателя.

Тормозная рычажная передача связывает шток тормозного цилиндра с тормозными колодками тележки. При подаче давления в тормозной цилиндр из воздухораспределителя тормозные колодки прижимаются к поверхности катания колесных пар тележки.

Пневматическая система тормозов полностью воспроизводит пневмосистему вагона. Давление в пневмосистему может быть подано от компрессора через кран машиниста либо посредством устройства испытаний тормозного оборудования грузовых вагонов СИТОВ-ДР.

Для создания нагрузки на тележку в составе стенда имеется нагрузатель.

С помощью гидростанции или ручного насоса можно задавать режимы нагружения как непрерывного увеличения нагрузки, так и ступенчатой для промежуточного контроля параметров.

Обозначения сечений и тензометрических датчиков указаны в соответствии с ГОСТ 33788-2016⁵.

Стенд изготовлен с учетом методик, изложенных в работах [17–19], всех требований действующего государственного стандарта в сфере вагоностроения и методических рекомендаций⁶.

Разработка и реализация лабораторных работ, а также развитие дидактического обеспечения практических занятий с применением данного стенда в дальнейшем возможны при формировании научно-образовательной экосистемы транспортного университета (например, согласно трендам, описанным в труде [20], с использованием теоретико-методологического аппарата, изложенного в публикациях [21–25], посвященных вопросам технологии управления перевозками подвижным составом нового поколения; имитационному моделированию организации железнодорожных перевозок [26–28]).

⁵ ГОСТ 33788-2016. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества. М.: Стандартинформ, 2016. 41 с.

⁶ ГОСТ 9238-2013. Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений. М.: Стандартинформ, 2013. 218 с.; ГОСТ 32400-2013. Рама боковая и балка надрессорная литые тележек железнодорожных грузовых вагонов. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 50 с.; ГОСТ 4835-2013. Колесные пары железнодорожных вагонов. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 32 с.; ГОСТ 10791-2011. Колеса цельнокатаные. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2011. 28 с.; ГОСТ 1452-2011. Пружины цилиндрические винтовые тележек и ударно-тяговых приборов подвижного состава железных дорог. М.: Стандартинформ, 2011. 16 с.; БЛИЖ.401250.001 РЭ Комплексы измерительно-вычислительные МИС. Руководство по эксплуатации. Королев: НПП «Мера», 2007. 144 с.; БЛИЖ.401250.001 МП. Комплекс измерительно-вычислительный МИС. Методика поверки. Королев: НПП «Мера», 2007. 74 с.; БЛИЖ.409801.005.90. Комплекс измерительно-вычислительный МИС. Программа управления «Recorder». Руководство пользователя. Королев: НПП «Мера», 2007. 162 с.; БЛИЖ.409801.002.90. Комплекс измерительно-вычислительный МИС. Пакет обработки сигналов «WinПОС». Руководство пользователя. Королев: НПП «Мера», 2007. 173 с.

ИЛЛЮСТРАЦИЯ ДИДАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕНДА

Лабораторные работы предназначены для студентов специальности «Подвижной состав железных дорог» и аспирантов по специальности «Подвижной состав железных дорог и тяга поездов».

Перед выполнением лабораторных работ обучающиеся должны ознакомиться с конструкцией тележки модели 18-9855, принципом работы тензометрических систем, конструкцией стенда для исследования тележки, работой универсального переносного многоканального измерительно-вычислительного комплекса МИС-036 и с содержанием практикума.

Перед выполнением заданий обучающемуся следует произвести расчет на прочность исследуемой детали и заранее приготовить отчетные таблицы для записи результатов измерений.

Лабораторные занятия проводятся под руководством преподавателя. Выполнять их без присутствия в аудитории преподавателя категорически запрещается. По результатам оформляется отчет, содержащий результаты измерений и необходимые выводы.

Пример организации лабораторной работы № 1 «Определение напряжений в пружинах рессорного подвешивания» на стенде

Целью работы является экспериментальное определение напряжений в витых цилиндрических пружинах центрального рессорного подвешивания тележки модели 18-9855.

Порядок выполнения работы:

1. Включить тензометрическую систему и стенд для исследования тележки.
2. Убедиться в исправности тензометрической системы.
3. С помощью стенда создать вертикальную нагрузку на тележку в соответствии с указаниями преподавателя.
4. Произвести измерение напряжений в наружной пружине с помощью одного датчика три раза с применением комплекса МИС-036.

Таблица 1

Результаты измерений напряжений в наружной пружине

Измерение №	Показание датчика, МПа
1	
2	
3	
Среднее	

5. Записать показания в табл. 1 с учетом рис. 4.
6. Вычислить среднее, определить среднее квадратичное отклонение.
7. Сравнить с результатами расчета на прочность.

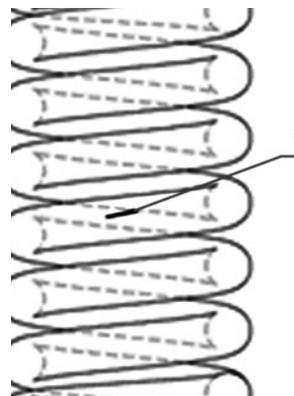


Рис. 4. Схема наклейки датчиков на пружину:
1 – датчик

Пример организации лабораторной работы № 2 «Определение напряжений в диске колеса» на стенде

Цель работы — экспериментальное определение напряжений в диске колеса с криволинейным ободом.

Порядок выполнения:

1. Включить тензометрическую систему и стенд для исследования тележки.
2. Убедиться в исправности тензометрической системы.
3. С помощью стенда создать вертикальную нагрузку на тележку в соответствии с указаниями преподавателя.
4. Произвести измерение напряжений в диске колеса с помощью одного датчика три раза с применением комплекса МИС-036.
5. Записать показания в табл. 2 с учетом рис. 5.
6. Вычислить среднее, определить среднее квадратичное отклонение.
7. Сравнить с результатами расчета на прочность.

Таблица 2

Результаты измерений напряжений в диске колеса

Измерение №	Показание датчика, МПа
1	
2	
3	
Среднее	

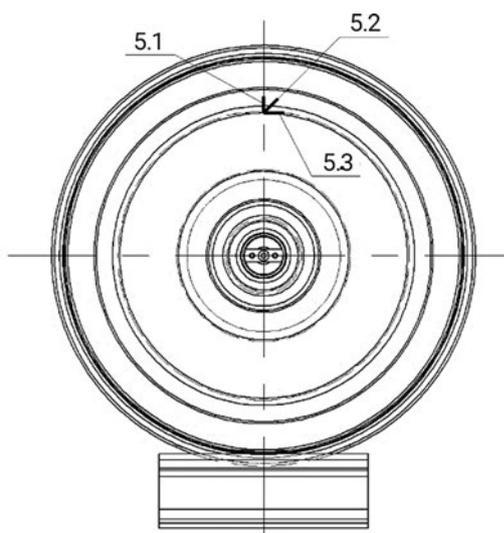


Рис. 5. Схема наклейки датчиков на диск колеса, размеры указаны в мм

Пример организации лабораторной работы № 3 «Определение напряжений в надрессорной балке» на стенде

Цель — экспериментальное исследование напряженного состояния надрессорной балки тележки модели 18-9855 при действии вертикальных нагрузок.

Порядок выполнения работы:

1. Включить тензометрическую систему и стенд для исследования тележки.
2. Убедиться в исправности тензометрической системы.
3. С помощью стенда создать вертикальную нагрузку на тележку в соответствии с указаниями преподавателя.
4. Произвести измерение напряжений в надрессорной балке в семи сечениях три раза с применением комплекса МІС-036.
5. Записать показания в табл. 3 с учетом рис. 6.

Таблица 3

Результаты измерений напряжений в надрессорной балке

Сечение	Датчик №	Измерение 1, МПа	Измерение 2, МПа	Измерение 3, МПа	Среднее значение, МПа
0	2				
	02				
	07				
	08				
	8				
	07				
I-I	2				
	02				
	07				
	08				
	8				
	07				
II-II	2				
	02				
	07				
	08				
	8				
	07				
VI-VI	2				
	02				
	07				
	08				
	8				
	07				
0I-0I	2				
	02				
	07				
	08				
	8				
	07				
0II-0II	2				
	02				

Сечение	Датчик №	Измерение 1, МПа	Измерение 2, МПа	Измерение 3, МПа	Среднее значение, МПа
	07				
	08				
	8				
	07				
0VI-0VI	2				
	02				
	07				
	08				
	8				
	07				

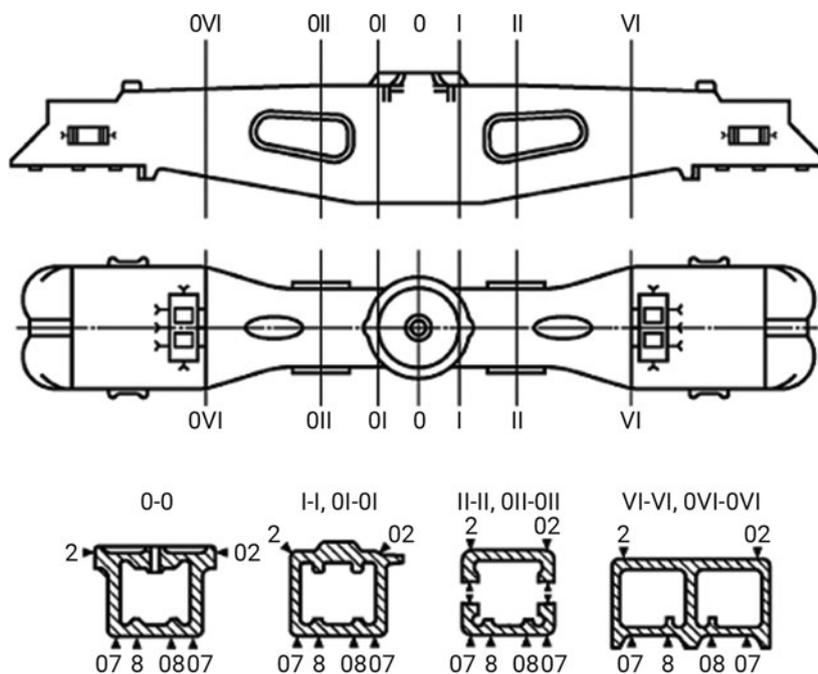


Рис. 6. Схема наклейки датчиков на наддресорную балку согласно ГОСТ 33788-2016

Таблица 4

Результаты измерений напряжений в боковой раме

Сечение	Датчик №	Измерение 1, МПа	Измерение 2, МПа	Измерение 3, МПа	Среднее значение, МПа
VIII-VIII	5				
	6				
	0				
	06				
	05				
I-I	0				
	1				
	4				
	00				
	04				
III-III	01				
	0				
	1				
	6				
	00				
	06				

Сечение	Датчик №	Измерение 1, МПа	Измерение 2, МПа	Измерение 3, МПа	Среднее значение, МПа
VII-VII	01				
	0				
	5				
	6				
	7				
	06				
	05				
0I-0I	0				
	1				
	4				
	00				
	04				
	01				
0III-0III	0				
	1				
	6				
	00				
	06				
	01				
0VII-0VII	0				
	5				
	6				
	7				
	06				
	05				

6. Результат измерений по каждому датчику определить, как среднее значение по результатам трех измерений, определить среднее квадратичное отклонение.

7. Сравнить с результатами расчета на прочность.

В отчете отразить место возникновения максимальных напряжений при вертикальных нагрузках.

Пример организации лабораторной работы № 4 «Определение напряжений в боковой раме» на стенде

Целью работы является экспериментальное исследование напряженного состояния боковой рамы тележки модели 18-9855 при действии вертикальных нагрузок.

Порядок выполнения:

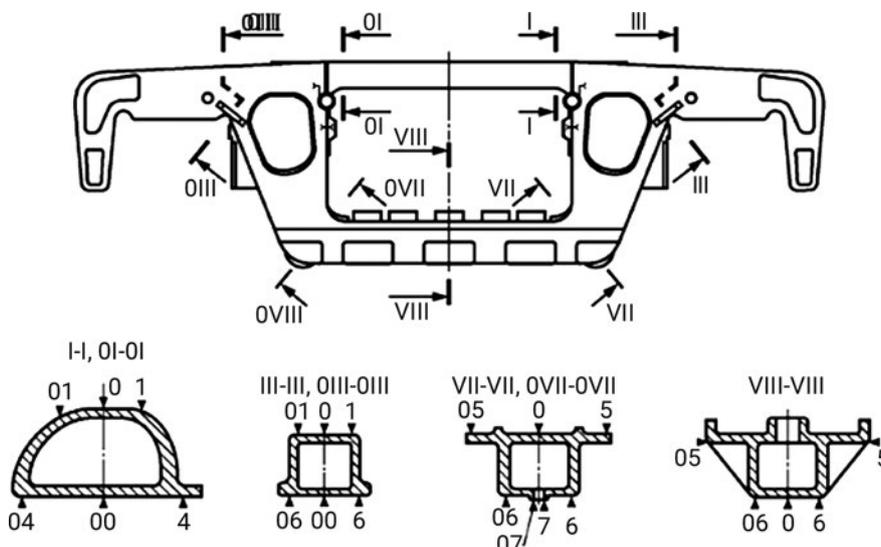


Рис. 7. Схема наклейки датчиков на боковую раму (ГОСТ 33788-2016)

1. Включить тензометрическую систему и стенд для исследования тележки.

2. Убедиться в исправности тензометрической системы.

3. С помощью стенда создать вертикальную нагрузку на тележку в соответствии с указаниями преподавателя.

4. Произвести измерение напряжений в боковой раме в семи сечениях три раза с помощью комплекса ММС-036.

5. Записать показания в табл. 4 с учетом рис. 7.

6. Результат измерений по каждому датчику определить, как среднее значение по результатам трех измерений, установить среднее квадратичное отклонение.

7. Сравнить с результатами расчета на прочность.

В отчете отразить место возникновения максимальных напряжений при вертикальных нагрузках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Дана развернутая характеристика устройства и технологии работы стенда для изучения свойств динамики и прочности грузовых вагонов нового поколения. Описана методология и дидактика проведения лабораторных работ с его использованием.

Представлено лабораторное оборудование нового поколения, отвечающее требованиям, которые предъявляются сегодня к подготовке специалистов по подвижному составу железных дорог.

Показано устройство базовой тележки модели 18-9855, описана технология работы стенда, приведены иллюстрационные материалы по устройству и принципу действия запроектирован-

ного стенда. Для проведения практических лабораторных занятий предложен типовой вариант лабораторной работы с применением данного стенда.

Можно полагать, что вовлечение студентов в эксперименты с реальным действующим оборудованием и проведение самостоятельных прикладных стендовых исследований, с одной стороны, повысит интерес к будущей профессии, а с другой — позволит сформировать прочные навыки по практической диагностике текущего состояния грузового вагона.

Установлено, что ввод нового подвижного состава с увеличенной грузоподъемностью является основной тенденцией современного вагоностроения и должен сопровождаться соответствующей подготовкой высококвалифицированных специалистов, способных к дальнейшему развитию грузовых вагонов нового поколения.

Отмечено, что проведение учебно-исследовательских работ предусматривает изучение не только проблем прочности, но и получение навыков работы с цифровыми технологиями сбора и передачи данных.

С помощью стенда можно осуществлять прикладные исследования целого ряда свойств прочности и динамики тележек грузовых вагонов экспериментальным путем с использованием цифровых технологий. Данный стенд, по мнению автора, служит прикладным инструментом инновационного подхода к обучению специалистов для железнодорожного транспорта.

Практическая значимость заключается в возможности комплексного применения стенда в научно-исследовательских и образовательных целях.

Направлением дальнейших исследований возможно будет совершенствование конструкции стенда и расширение функциональных задач, которые можно будет решать с его применением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бороненко Ю.П. Стратегические задачи вагоностроителей в развитии тяжеловесного движения // Транспорт Российской Федерации. 2013. № 5. С. 68–74.

2. Бороненко Ю.П., Третьяков А.В., Третьяков О.А., Федоров И.В., Федотов Д.А., Петров А.А. Исследование прочности деталей тележки при испытаниях на стенде: учебное пособие. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2019. 83 с.

3. Даукша А.С. Совершенствование вагонов на основе использования съемных кузовов // Подвижной состав XXI века: идеи, требования проектов: сб. тр. X Междунар. науч.-технич. конф. 2015. С. 45–53.

4. Орлова А.М., Кочнов А.Д. Межгосударственный стандарт на тележки грузовых вагонов // Железнодорожный транспорт. 2013. № 8. С. 45–48.

5. Бороненко Ю.П., Даукша А.С. Выбор конструктивных решений устройств крепления контейнеров и съемных кузовов на железнодорожных платформах // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 3 (70). С. 29–32.

6. Орлова А.М., Щербаков Е.А. Конструктивные особенности тележек моделей 18-9810 и 18-9855 // Вагонный парк. 2011. № 6. С. 22–24.

7. Покровская О.Д. Комплексная оценка транспортно-складских систем железнодорожного транспорта: дис. ...

на соискание ученой степени д-ра техн. наук. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2018. 377 с.

8. Pokrovskaya O.D. Terminalistica as a new methodology for the study of transport and logistics systems of the regions // Sustainable economic development of regions. Vienna, 2014. С. 154–175.

9. Куренков П.В., Преображенский Д.А., Астафьев А.В., Сафронова А.А., Кахриманова Д.Г. Перспективные направления развития политемпературной логистики // Железнодорожный транспорт. 2019. № 3. С. 30–35.

10. Куренков П.В., Сафронова А.А., Кахриманова Д.Г. Логистика международных интермодальных грузовых перевозок // Логистика. 2018. № 3 (136). С. 24–27.

11. Титова Т.С., Бороненко Ю.П. Экономическая эффективность увеличения грузоподъемности вагонов // Железнодорожный транспорт. 2018. № 5. С. 55–61.

12. Старченко Т.А. Внедрение инновационных подходов и педагогических методов обучения при формировании общих компетенций // Техник транспорта: образование и практика. 2020. Т. 1. № 1–2. С. 32–37. DOI: 10.46684/2687-1033.1.04

13. Горева О.В., Куценко С.М. Формирование корпоративных компетенций ОАО «РЖД» в контексте непрерывного образования // Техник транспорта: образование и практика. 2021. Т. 2. № 1. С. 8–16. DOI: 10.46684/2687-1033.2021.1.8-16

14. Гаранин М.А. Тренды в развитии транспортного образования // Техник транспорта: образование и практика. 2020. Т. 1. № 3. С. 157–164. DOI: 10.46684/2687-1033.2020.3.157-164

15. Сергеев И.С. Дидактические проблемы цифровой трансформации среднего профессионального образования на фоне борьбы с пандемией // Техник транспорта: образование и практика. 2020. Т. 1. № 1–2. С. 14–20. DOI: 10.46684/2687-1033.1.01

16. Лысый С.П., Поликанова И.А., Вишникина М.А. Разработка стенда по техническому обслуживанию и ремонту узлов железнодорожной техники // Техник транспорта: образование и практика. 2020. Т. 1. № 3. С. 210–215. DOI: 10.46684/2687-1033.2020.3.210-215

17. Мехеда В.А. Тензометрический метод измерения деформаций: учебное пособие. Самара: Изд-во СГАУ, 2011. 54 с.

18. Уйк Г.К. Тензометрия аппаратов высокого давления. Ленинград: Машиностроение, 1974. 191 с.

19. Экспериментальная механика: монография в 2 кн.: кн. 1 / пер. с англ.; под ред. А. Кобаяси. М.: Мир, 1990. 615 с.

20. Панычев А.Ю., Покровская О.Д. Современные тренды в концепте эволюции экосистемы транспортного университета // Техник транспорта: образование и практика. 2021. Т. 2. № 2. С. 128–146. DOI: 10.46684/2687-1033.2021.2.128-146

21. Бубнова Г.В., Куренков П.В., Некрасов А.Г. Цифровая логистика и безопасность цепей поставок // Логистика. 2017. № 7 (128). С. 46–50.

22. Полянский Ю.А., Куренков П.В. Топологическое моделирование взаимодействия хозяйств железной дороги // Транспорт: наука, техника, управление. 2003. № 7. С. 8–17.

23. Ефремов В.А., Куренков П.В. Логистизация управления движением поездов // Логистика сегодня. 2004. № 5. С. 31–38.

24. Куренков П.В., Москвичев О.В., Москвичева Е.Е. Концептуально новая транспортно-технологическая схема работы с контейнерами на транспорте // Бюллетень транспортной информации. 2009. № 1 (163). С. 22–25.

25. Куренков П.В., Чеботарева Е.А., Солоп И.А. Логистика перевозки нефтеналивных грузов: исторические аспекты полимодальных транспортных систем // Логистика. 2021. № 3. С. 42–45.

26. Sugorovsky A.V., Sugorovsky A.V., Avksentieva E.Yu., Avksentiev S.Yu. Identifying the characteristics of the behavior of students and graduates of the "Operation of railways" specialty in a stressful situation // LAPLAGE EM REVISTA. 2020. Vol. 6. Issue Extra-C. Pp. 292–298. DOI: 10.24115/S2446-622020206Extra-C654p.292-298

27. Грошев Г.М., Сугоровский А.В., Сугоровский А.В. Обоснование с применением имитационного моделирования эффективности диспетчерского регулирования на участке // Транспортные системы и технологии. 2016. Т. 2. № 2. С. 106–109.

28. Грошев Г.М., Котенко А.Г., Сугоровский А.В., Сугоровский А.В. Регулирование подвода транзитных и разборочных грузовых поездов к техническим станциям // Транспортные системы и технологии. 2018. Т. 4. № 1. С. 94–104. DOI: 10.17816/transsyst2018041094-104

REFERENCES

1. Boronenko Yu.P. Car-builders' strategic tasks in development of heavy-weight rail traffic. *Transport of the Russian Federation*. 2013;5:68-74. (In Russ.).

2. Boronenko Yu.P., Tretyakov A.V., Tretyakov O.A., Fedorov I.V., Fedotov D.A., Petrov A.A. *Investigation of the strength of bogie parts during tests at the stand: a tutorial*. Saint Petersburg, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 2019;83. (In Russ.).

3. Dauksha A.S. Improvement of cars based on the use of swap bodies. *Rolling stock of the XXI century: ideas, requirements projects: collection of works of the X international scientific and technical conference*. 2015;45-53. (In Russ.).

4. Orlova A.M., Kochnov A.D. Interstate standard for freight car bogies. *Railway Transport*. 2013;8:45-48. (In Russ.).

5. Boronenko Yu.P., Dauksha A.S. Selecting design solutions for container and swap body flatcar fixing devices. *Transport of the Russian Federation*. 2017;3(70):29-32. (In Russ.).

6. Orlova A.M., Shcherbakov Ye.A. Design features of models 18-9810 and 18-9855 bogies. *Wagon Fleet*. 2011;6:22-24. (In Russ.).

7. Pokrovskaya O.D. *Comprehensive assessment of transport and storage systems of railway transport: diss. for the degree of doct. tech. sciences*. Saint Petersburg, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 2018;377. (In Russ.).

8. Pokrovskaya O.D. Terminalistica as a new methodology for the study of transport and logistics systems of the regions. *Sustainable economic development of regions*. Vienna, 2014;154-175.

9. Kyrenkov P.V., Preobrazhenskii D.A., Astafyev A.V., Safronova A.A., Kahrimanova D.G. Synchromodal and co-modal transport

tations, a-modal booking and trimodal terminals as perspective directions of development of transport logistics. *Railway Transport*. 2019;3:30-35. (In Russ.).

10. Kyrenkov P.V., Safronova A.A., Kakhriyanova D.G. Logistics of international intermodal freight transport. *Logistics*. 2018; 3(136):24-27. (In Russ.).

11. Titova T.S., Boronenko Yu.P. Economic efficiency of increases in loading capacity of wagons. *Railway Transport*. 2018; 5:55-61. (In Russ.).

12. Starchenko T.A. Implementation of innovative approaches and pedagogical methods of training at the formation of general competencies. *Transport Technician: Education and Practice*. 2020; 1(1-2):32-37. DOI: 10.46684/2687-1033.1.04 (In Russ.).

13. Goreva O.V., Kutsenko S.M. Formation of corporate competencies of Russian railways in the context of lifelong education. *Transport Technician: Education and Practice*. 2021;2(1):8-16. DOI: 10.46684/2687-1033.2021.1.8-16 (In Russ.).

14. Garanin M.A. Trends in the development of transportation education. *Transport Technician: Education and Practice*. 2020; 1(3):157-164. DOI: 10.46684/2687-1033.2020.3.157-164 (In Russ.).

15. Sergeev I.S. Didactic problems of digital transformation of vocational secondary education against the background of fighting the pandemic. *Transport Technician: Education and Practice*. 2020; 1(1-2):14-20. DOI: 10.46684/2687-1033.1.01 (In Russ.).

16. Lysy S.P., Polikanova I.A., Vishnikina M.A. Development of a stand for maintenance and repair of railway equipment units. *Transport Technician: Education and Practice*. 2020;1(3):210-215. DOI: 10.46684/2687-1033.2020.3.210-215 (In Russ.).

17. Mehedea V.A. *Strain gauge method for measuring deformations: a tutorial*. Samara, SSAU Publishing House, 2011;54. (In Russ.).

18. Uik G.K. *Tensometry of high pressure washers*. Leningrad, Mechanical Engineering, 1974;191. (In Russ.).

19. *Experimental mechanics: monograph in 2 books: book 1 / translation from english; ed. A. Kobayashi*. Moscow, Mir, 1990;615. (In Russ.).

20. Panychev A.Yu., Pokrovskaya O.D. Modern trends in the concept of the evolution of the transport university ecosystem. *Transport Technician: Education and Practice*. 2020;2(2):128-146. DOI: 10.46684/2687-1033.2021.2.128-146 (In Russ.).

21. Bubnova G.V., Kurenkov P.V., Nekrasov A.G. Digital logistics and security of supply chains. *Logistics*. 2017;7(128):46-50. (In Russ.).

22. Polyansky Yu.A., Kurenkov P.V. Topological modeling of the interaction between the facilities of the railway. *Transport: Science, Technology, Management*. 2003;7:8-17. (In Russ.).

23. Efremov V.A., Kurenkov P.V. Logistics of train traffic management. *Logistics Today*. 2004;5:31-38. (In Russ.).

24. Kurenkov P.V., Moskvichev O.V., Moskvicheva E.E. Conceptually new transport and technological scheme for working with containers in transport. *Bulletin of Transport Information*. 2009; 1(163):22-25. (In Russ.).

25. Kurenkov P.V., Chebotareva E.A., Solop I.A. Logistics of transportation of oil cargo: historical aspects of polymodal transport systems. *Logistics*. 2021;3:42-45. (In Russ.).

26. Sugorovsky A.V., Sugorovsky A.V., Avksentieva E.Yu., Avksentiev S.Yu. Identifying the characteristics of the behavior of students and graduates of the "Operation of railways" specialty in a stressful situation. *LAPLAGE EM REVISTA*. 2020; 6(Extra-C):292-298. DOI: 10.24115/S2446-622020206Extra-C654p.292-298

27. Groshev G.M., Sugorovsky A.V., Sugorovskiy A.V. The rationale and effectiveness of the supervisory regulation on site with the use of simulation. *Transportation Systems and Technology*. 2016;2(2):106-109. (In Russ.).

28. Groshev G.M., Kotenko A.G., Sugorovsky A.V., Sugorovsky A.V. Regulation of the supply of transit and de-construction of freight trains to the technical stations. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):94-104. DOI: 10.17816/transysyst2018041094-104 (In Russ.).

Об авторе

Оксана Дмитриевна Покровская — доктор технических наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой «Управление эксплуатационной работой», профессор кафедры «Железнодорожные станции и узлы»; **Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС)**; 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9; РИНЦ ID: 592347, SPIN-код: 8252-2587, Scopus: 57204690735, ResearcherID: AАН-4370-2019, ResearcherID: D-9930-2018, ORCID: 0000-0001-9793-0666; insight1986@inbox.ru.

Bionotes

Oksana D. Pokrovskaya — Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor, Acting Head of the Department of "Operations Management", Professor of the Department of "Railway stations and nodes"; **Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS)**; 9 Moskovsky pr., St. Petersburg, 190031, Russian Federation; ID RSCI: 592347, SPIN-code: 8252-2587, Scopus: 57204690735, ResearcherID: AАН-4370-2019, ResearcherID: D-9930-2018, ORCID: 0000-0001-9793-0666; insight1986@inbox.ru.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 23.04.2021; одобрена после рецензирования 20.05.2021; принята к публикации 30.08.2021.
The article was submitted 23.04.2021; approved after reviewing 20.05.2021; accepted for publication 30.08.2021.