

9. Ковалгин Ю. А., Вологдин Э. И. Цифровое кодирование звуковых сигналов. СПб.: КОРОНА-принт, 2004. 240 с.

10. Ковалгин Ю. А., Фадеева Д. Р. Исследование психоакустических моделей кодеков с компрессией цифровых аудиоданных // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. 2016. № 7. С. 29–38.

11. Ковалгин Ю. А. Психоакустика и компрессия цифровых аудиоданных / СПбГУТ. СПб., 2013. 300 с.

12. Ковалгин Ю. А., Вологдин Э. И. Аудиотехника / под ред. проф. Ю. А. Ковалгина. М.: Горячая линия – Телеком, 2013. 768 с.

R. I. Kargin, L. G. Statsenko
Far Eastern Federal University

FORMATS OF AUDIO DATA COMPRESSION. ANALYSIS AND COMPARISON

Is devoted to the study of audio data compression processes using various codecs, 8 of which use lossy compression and lossless compression. They demonstrate high sound quality while improving bitrate using modern codecs. The article uses codecs such as: mp3, FLAC, Wave, WMA, AAC, MPEG, Monkey 'Audio, APE, Dolby AC-3, DCA, Ogg, Opus, MusePack. Each codec is subject to change and direct comparison with each other. Everything in the code is a division into groups according to the method: use to compress musical compositions, to compress audio in the film industry and lossless compression. Comparison of different musical genres and their differences in the spectrogram. The conclusion about the causes of different genres is also drawn. To compare methods for compressing audio data, the software used is Adobe Audition CC 2018 and LameXP, which allow you to consider various characteristics and properties of audio data, as well as apply different codecs to compress them. To illustrate the result, a range of musical compositions are used. The source file of the music track for comparing codecs was taken in the FLAC format (Free Lossless Audio Codec).

Standards for audio data compression, audio data compression, mp3, FLAC, AAC, MPEG, Monkey' Audio

УДК 004.021

Ш. Х. Султонов, В. П. Бубнов
Петербургский государственный университет
пути сообщения Императора Александра I

Программа для автоматизации вычислений величин нагрузок, действующих на кузов вагона, при прочностных расчетах

Проводится автоматизация вычислений нагрузок, действующих на конструкцию кузова грузового вагона, при прочностных расчетах с дальнейшим трехмерным моделированием с применением информационных технологий. Приводится функциональная схема разработанной программы для вычисления нагрузок, действующих на кузов вагона. Определены этапы разработки и основные модули программного продукта, реализующего математические вычисления. Обсуждаются вопросы особенности программной реализации представленных алгоритмов с помощью объектно-ориентированного языка программирования C#. Разработанная программа на языке C# с применением интегрированной среды Visual Studio позволяет повысить точность и сократить сроки вычисления нагрузок, действующих на кузов грузового вагона, при прочностных расчетах с различными исходными технико-экономическими характеристиками и конструктивными особенностями грузовых вагонов. Приведен инженерный анализ с использованием значений нагрузок, полученных с применением разработанной программы.

Вагоностроение, грузовой вагон, моделирование, нагрузка, прочность, автоматизация, принципиальная схема, алгоритм, программирование, объектно-ориентированное программирование (C#)

Создание интерфейсов программного обеспечения, поддерживающих и предлагающих более эргономичные и естественные формы диалога

между пользователями и компьютерной техникой, движется и ускоряется внедрением информационных технологий вслед растущим потребностям

профессиональной и повседневной деятельности человека. В области информационных технологий (ИТ) средства взаимодействия пользователя с технической системой принято называть интерфейсом. Интерфейсы бывают разные и реализуются разными средствами и методами. Одной из важнейших задач разработки современных технических систем является обеспечение наиболее интуитивного и естественного интерфейса с пользователем, т. е. современные компьютерные приложения ориентированы на пользователя.

В процессе проектирования и разработки нового вида подвижного состава необходимо проверить соответствие прочностных характеристик их конструкций установленным требованиям [1]–[3]. Основными документами при этом являются [4] и [5], которые содержат критерии оценки прочности конструкции кузова грузового вагона.

Для повышения качества проектирования, сокращения сроков выполнения теоретических и экспериментальных исследований, освоения новых видов выпускаемой железнодорожной продукции явным преимуществом является автоматизация

процесса моделирования новых конструкций вагонов и внедрение цифрового прототипа на вагоностроительных предприятиях с применением информационных технологий [6]–[8].

Для получения достоверных результатов и проведения инженерного анализа при расчетах на прочность необходимо вычислить расчетные значения, называемые нормативными. Если принять за расчетное наиболее неблагоприятное сочетание наибольших нагрузок, то произойдет значительное удорожание проекта.

Чтобы ускорить и упростить проведение инженерного анализа проектируемого вагона с дальнейшим трехмерным моделированием и расчетом на прочность, требуется разработка программы для вычисления значений ожидаемых нагрузок, действующих на вагон. Была разработана специальная программа, которая удовлетворяет и соответствует следующим требованиям [4], [5]:

- отображение полей для ввода исходных данных;
- функция проверки корректности введенных значений;

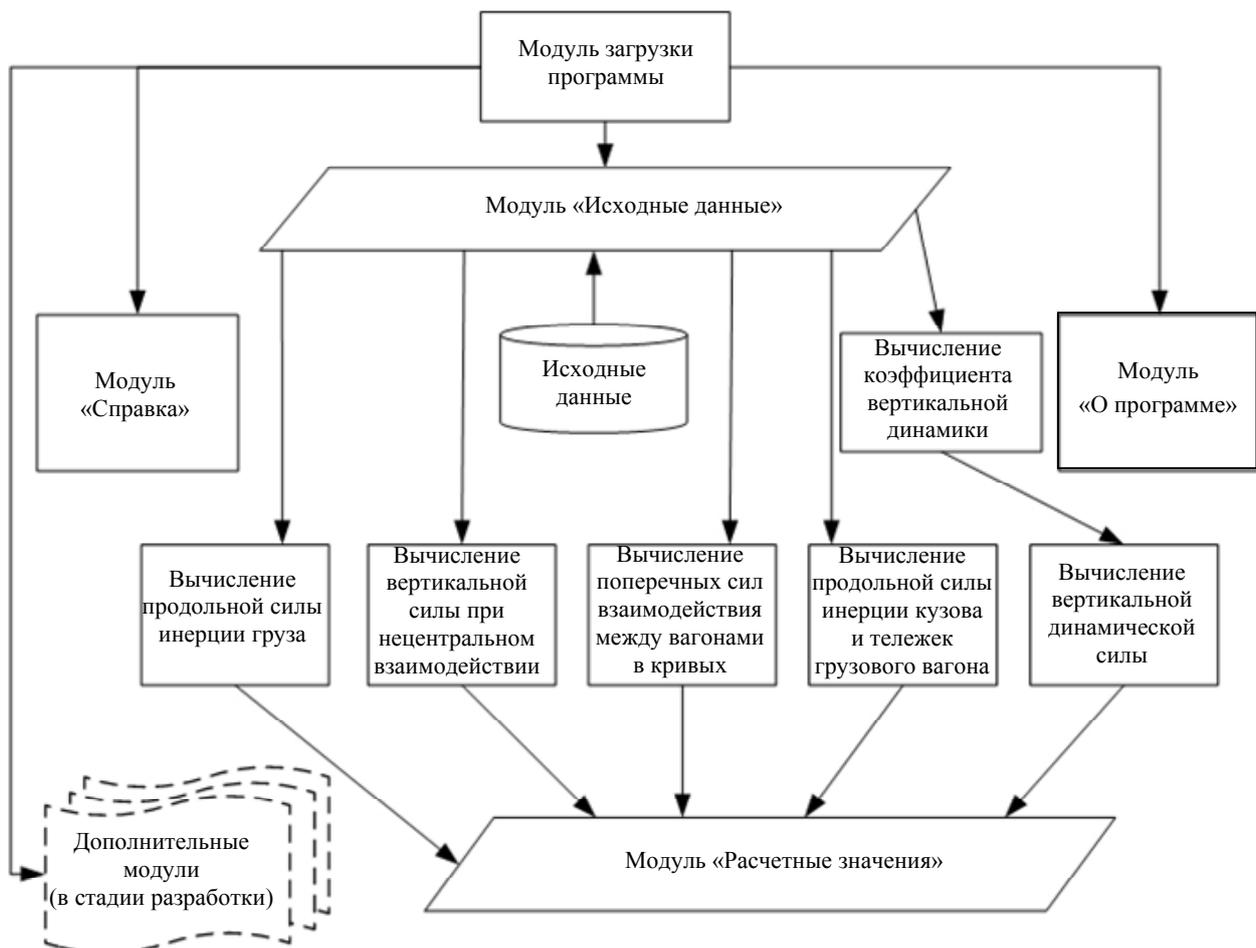


Рис. 1

- функция для выполнения расчета и получения результатов;
- блок для результирующих параметров;
- функция очистки полей;
- блок сочетания нагрузок, действующих на кузов вагона;
- справочный блок;
- программа не должна требовать установки дополнительных библиотек и плагинов;
- программа должна обладать интуитивно понятным графическим интерфейсом и возможностью использования на любых компьютерах с предустановленной операционной системой Windows.

Принципиальная схема и алгоритм программы. При разработке программы для определения нагрузок, действующих на кузов грузового вагона, на начальном этапе была построена принципиальная схема программы (рис. 1) и общий алгоритм работы. Принципиальная схема создана по модульному принципу и позволяет в будущем расширить его функциональность за счет присоединения дополнительных модулей для определения других технико-экономических параметров вагонов.

Программа состоит из модулей, каждый из которых соответствует определенной форме и содержит процедуры. Модуль начинает работать сразу же по окончании работы предыдущего модуля либо по вызову его пользователем щелчком мыши по соответствующей вкладке [9].



Рис. 2

Алгоритм программы можно разделить на несколько основных блоков: определение исходных данных; проверка правильности исходных данных; выполнение задачи и получение результатов (рис. 2).

В блоке 1 осуществляется выбор типа вагона из представленного списка, в блоке 2 – ввод исходных данных. В блоке 3 производится проверка введенных исходных данных. При обнаружении некорректных данных необходимо заново проверить введенные данные и ввести их корректные значения во второй блок.

При необходимости можно обратиться в блок справок 4. В случае принятия решения о корректности значений процесс передается в блок 5. Если все данные введены корректно, процесс проверки заканчивается и осуществляется переход к выполнению. В блоке 6 отображаются результаты расчета.

Выбор языка программирования. В результате анализа инструментальных средств, предназначенных для реализации программного обеспечения для вычисления значений ожидаемых нагрузок, действующих на вагон, было принято решение использовать кроссплатформенный инструментарий на языке программирования C# в среде MS Visual Studio.

Для создания программной оболочки и установки приложений было выбрано программное средство MS Visual Studio. Данное программное средство обладает обновленным интерфейсом и отличается своей функциональностью.

В качестве языка программирования для разработки программного обеспечения был выбран язык C# из-за его больших возможностей, кроссплатформенности и того, что он является свободной платформой с открытым исходным кодом. C# – один из наиболее современных языков программирования, предназначенных для разработки самых разнообразных приложений в среде .NET Framework. Также он обеспечивает высокую производительность труда программиста и малое количество ошибок в программах. Интегрированная среда разработки Visual C# представляет собой набор средств разработки, предоставляемых через единый пользовательский интерфейс [10]–[12].

В главном окне программы располагаются несколько вкладок, в которых имеются все необходимые ячейки (поля) для введения исходных данных. Основное окно программы представлено на рис. 3 [13].

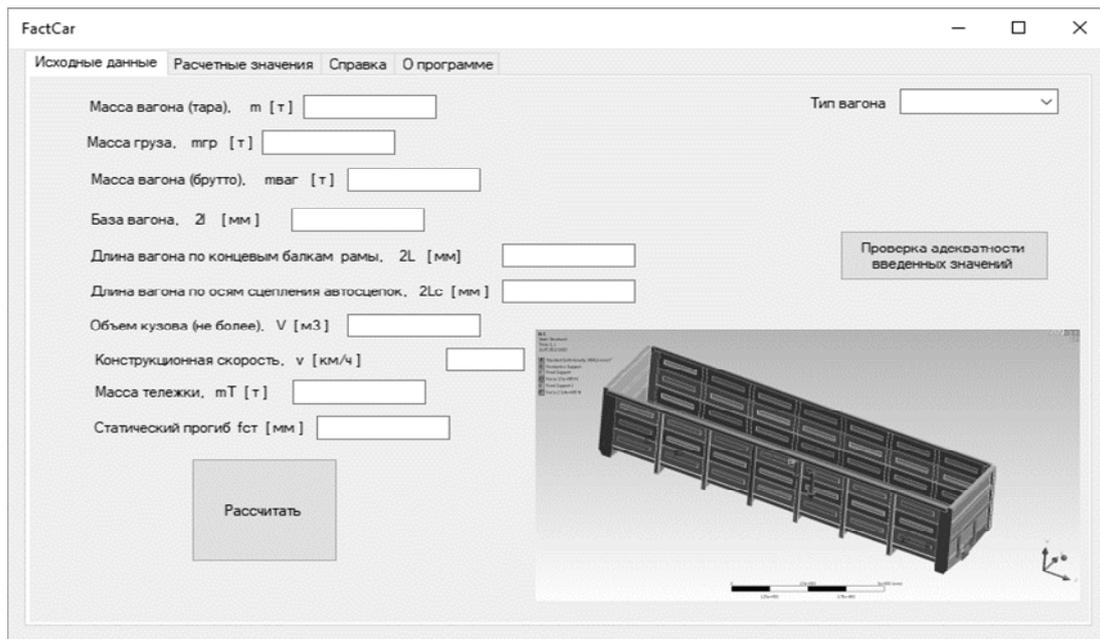


Рис. 3

В основном окне программы на вкладке «Исходные данные» отображены:

- поля для ввода значений с описаниями;
- поле для выбора типа вагона;
- кнопка для проверки на адекватность введенных исходных данных;
- область сведений об исследуемом вагоне;
- кнопка для выполнения задачи.

При наведении указателя мыши на элемент «Тип вагона» пользователь имеет возможность в меню выбрать тип исследуемого вагона.

Перед выполнением расчета целесообразно проверить корректность введенных значений, нажав на кнопку «Проверка адекватности введенных значений». Если хотя бы в одно из полей введены нечисловые данные (или не введены данные вовсе), программа выдаст пользователю соответствующее сообщение «Пустые поля или некорректные значения!!!».

Фрагмент кода для проверки на адекватность введенных исходных данных

```
for(int k=1;k<=2;k++) {
    String ^temp; int len;
    switch(k) {
        case 1:{temp=SizeG0->Text;
len=SizeG0->Text->Length; break;}
        case 2:{temp=SizeG1->Text;
len=SizeG1->Text->Length; break;}
    }
    if(len==0){result->Text="Error
input size"; ... return false;}
    for(int i=0;i<len;i++) {
        int j=0;
        while(j<10 && temp-
>Substring(i,1)!=Convert::ToString(j)){j++;}
```

```
        if(j==10){result->Text="Error
input size"; ... return false;}
    }
}
```

Для редактирования некорректных исходных данных следует выбрать и выделить область, в которой находятся редактируемые данные. После выделения области следует вписать корректные значения исходных данных.

Если во все поля введены правильные значения исходных данных, при нажатии на кнопку «Рассчитать» выполняется расчет и в форме появляется сообщение «Успешно выполнен!». Расчетные значения становятся доступны на соответствующей вкладке.

На вкладке «Расчетные значения» отображаются полученные значения действующих на кузов грузового вагона нагрузок (рис. 4). Результаты расчетов округляются при визуализации до двух десятичных знаков после запятой.

Вкладка «Справка» в главной форме программы предназначена для оказания конкретной помощи пользователю. Здесь приведены все необходимые формулы и их значения для выполнения расчета.

Во вкладке «О программе» приведены описание назначения данной программы, ее возможности, а также основные характеристики и ограничения, накладываемые на область применения программы в соответствии с нормативными документами.

| | | Удар | Рывок | Сжатие | Растяжение |
|--|-------------|-----------|------------|------------|------------|
| Продольная сила удара или рывка, приложенная к упорам автосцепки | I - режим | 3,5 МН. | 2,5 МН. | 2,5 МН. | 2 МН. |
| | III - режим | 1 МН. | 1 МН. | 1 МН. | 1 МН. |
| Продольная сила инерции кузова и тележек вагона | I - режим | 720,3 кН. | 720,3 кН. | | |
| | III - режим | 205,8 кН. | 205,8 кН. | | |
| Продольная сила инерции груза | I - режим | 2,71 МН. | 1,94 МН. | | |
| | III - режим | 0,78 МН. | 0,78 МН. | | |
| Поперечная сила взаимодействия между вагонами в кривых | I - режим | | | 181,89 кН. | 48,08 кН. |
| Вертикальная сила при нецентральном взаимодействии автосцепок | I - режим | 175 кН. | 138,12 кН. | 125 кН. | 110,5 кН. |
| | III - режим | 25 кН. | 27,62 кН. | 25 кН. | 27,62 кН. |
| Вертикальная динамическая сила | III - режим | 72,03 кН. | 72,03 кН. | 72,03 кН. | 72,03 кН. |
| Сила тяжести кузова вагона | | 205,8 кН. | | | |
| Сила тяжести груза | | 710,5 кН. | | | |
| Коэффициент вертикальной динамики | | 0,35 | | | |

Рис. 4

Корректный выход из программы возможен стандартным способом – при нажатии на «крестик» в правом верхнем углу рабочей формы.

Применение полученных результатов. Эффективность компьютерной модели в первую очередь определяется качеством используемого инженерного программного продукта. Основными требованиями, предъявляемыми к программам, являются легкость ввода и исправления исходных данных, а также наглядность и визуализация результатов вычислений. Сегодня существуют как колоссальные специализированные системы программирования (AutoCad, Компас, ANSYS, SolidWorks и др.), так и специальные инженерные программы с удобными графическими пользовательскими возможностями [14].

Программные продукты, позволяющие проводить инженерные расчеты, анализ и компьютерное моделирование физических процессов в области термодинамики, механики, акустики, электродинамики, электромагнетизма, биоинженерии и т.п., принадлежат к САЕ-системам [15]. Их большое количество. Существует проблема выбора и оценки программного продукта и его возможностей.

В таблицу сведены основные известные инженерные программы и программные пакеты, которые могут быть использованы для решения инженерных задач вагоностроения, а их возможности отмечены знаком «+» [14], [15].

В этот перечень входят российские программы T-Flex, КОМПАС, а также программы зарубежного производства: ANSYS, AutoCAD, SolidWorks и Nastran. Все перечисленные программы использу-

ются для выполнения различных инженерных задач и соответствуют международным стандартам. Возможности программных пакетов для решения инженерных задач показаны в таблице.

| Возможности | Программные пакеты | | | | | |
|---|--------------------|--------|---------|-------|------------|---------|
| | КОМПАС | T-Flex | AutoCAD | ANSYS | SolidWorks | Nastran |
| Статический анализ | + | + | + | + | + | + |
| Динамический анализ | + | + | + | + | - | + |
| Тепловой анализ | + | + | - | + | + | + |
| Расчет упругости | + | + | + | + | + | + |
| Расчет на прочность | + | + | + | + | + | + |
| Расчеты на жесткость | + | - | - | - | + | + |
| Анализ напряженно-деформируемого состояния | + | - | - | + | + | + |
| Решение задач механики и динамики жидкости и газа | + | - | + | + | - | + |
| Решение задач электродинамики | + | + | + | + | - | - |
| Создание конструкторской документации | + | + | + | - | + | + |
| Проектирование и расчет технологических процессов | + | - | + | - | + | + |
| Интеграция с другими пакетами | + | | + | + | + | + |
| Анализ кинематики | - | - | + | - | - | - |
| Анализ и расчет аэродинамики и гидродинамики | + | + | + | + | - | - |

Сведение в таблицу инженерных программ и программных пакетов помогает оценить и сравнить их функциональные возможности; объединение в группы позволяет обозначить область поиска программного продукта исходя из решаемой задачи, после чего можно будет выбрать подходящее программное обеспечение.

Обзор и анализ существующих инженерных программных продуктов для трехмерного моделирования и инженерного анализа, а также критерии сравнения позволили определить наиболее распространенную систему автоматизированного проектирования – SolidWorks. Настоящая система удовлетворяет большинству требований специалистов, обладает большой функциональной наполненностью при невысокой стоимости и имеет бесплатную версию. Также SolidWorks широко используется на большинстве предприятий вагоностроения, является мировым лидером среди систем автоматизированного проектирования и предъявляет максимальные технические требования для ее установки. Данная система достаточно эффективна в стадии выполнения работ с различными устройствами. Можно отправить на трехмерный принтер полученные модели и работать с результатами трехмерного сканирования. Чертежи, выполненные в данной системе, можно экспортировать в PDF-файл, что облегчает работу при повторной передаче и использовании данных.

Для применения полученных результатов и практической реализации разработанной программы выполнен инженерный анализ – расчет на прочность кузова полувагона с применением трехмерного моделирования и метода конечных элементов.

Трехмерная модель металлоконструкции кузова полувагона была разработана с использованием программного комплекса SolidWorks версии 15.0. Далее, для выполнения расчетов на прочность при разных расчетных режимах данная модель была сымитирована в инженерном программном комплексе ANSYS Workbench версии 18.0, который анализирует метод конечных элементов [14], [15].

После выбора материала и определения условий функционирования системы проводят конечно-элементный анализ, который начинается с построения сетки конечных элементов (рис. 5).

Сформированная сетка конечных элементов на исследуемом объекте позволяет проводить весь спектр необходимых расчетов и исследований.

На примере статического анализа системы получаем расчетные значения напряжений в элементах конструкции, перемещений, статической деформации, обоснование запаса прочности конструкции (рис. 6).

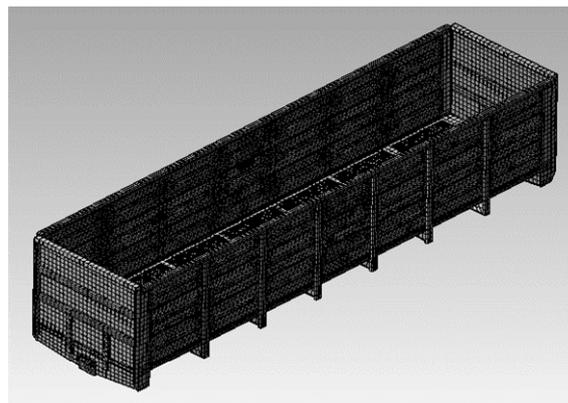


Рис. 5

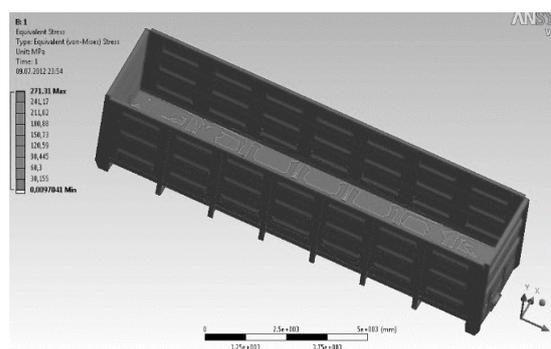


Рис. 6

В результате оценки прочности кузова полувагона установлено, что прочность элементов конструкций кузова удовлетворяет требованиям [4], [5]. При этом получены следующие результаты.

При расчетном режиме максимальные эквивалентные напряжения в элементах кузова составляют в концевой балке (при ударе в нижнюю часть стены) 319 МПа (98.2 % от допустимых напряжений).

Перемещения элементов верхней обвязки боковой стены в средней части кузова составляют:

- при сжатии 7.4 мм;
- при растяжении 7.6 мм.

Таким образом, разработанная на языке C# с применением интегрированной среды Visual Studio программа обладает удобным пользовательским интерфейсом и позволяет в кратчайшие сроки вычислять нагрузки, действующие на кузов грузового вагона, при прочностных расчетах с различными исходными технико-экономическими характеристиками и конструкционными особенностями грузовых вагонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rahimov R. V. Researches of the stressed – deformed state of the open wagon body model 12-9922, produced in Uzbekistan // VI Intern. Scientific Conf. «Transport

problems 2014». Katowice: Silesian University of technology faculty of transport, 2014. P. 614–621.

2. Rahimov R. V., Khatamov S. A., Rakhmatov Z. X. Scientific substantiation of technical solutions for the improvement of the construction of the body of a hopper car for transportation of cement produced in the Republic of Uzbekistan // «European Science Review» Scientific J. 2017. № 3–4. P. 13–17.

3. Бубнов В. П., Султонов Ш. Х. Алгоритм автоматизации проектно-конструкторских работ и его применение в вагоностроении // Сб. тр. IV Междунар. науч.-метод. конф. «Проблемы математической и естественно-научной подготовки в инженерном образовании». СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2017. С. 16–21.

4. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВ-ВНИИЖТ. М., 1996. 317 с.

5. ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам (с поправкой). М.: Стандартинформ, 2016. 57 с.

6. Ергашев З. З., Рахимов Р. В., Галимова Ф. С. Внедрение цифрового прототипа на вагоностроительные предприятия Узбекистана // Вестн. ТашИИТ. 2014. № 2/3. С. 43–46.

7. Бубнов В. П., Султонов Ш. Х. Применение систем автоматизированного проектирования в машиностроении // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2017. № 1. С. 48–51.

8. Raximov R. V., Galimova F. S. Introduction of modern technologies in the enterprise SJSRC «O'zbekiston temir yo'llari» // Bulletin of Tashkent State Technical University. 2015. № 3. P. 159–164.

9. Soloviev N. A., Chernoprudov E. N. Software development automation systems: study guide. Orenburg: OGU, 2012. 191 p.

10. Троелсен Э. С# и платформа .NET / пер. с англ. Р. Михеева. СПб.: Питер, 2004. 796 с.

11. Понамарев В. Программирование на C++/C# в Visual Studio .NET 2003. М.: БХВ-Петербург, 2015. 917 с.

12. Freeman A., Sanderson S. Pro ASP.NET MVC 4. 4th edition. Apress, 2012, 756 p.

13. Рахимов Р. В., Султонов Ш. Х. Программное обеспечение «ВагонСила»: свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 05998 от 24.01.2019 Республика Узбекистан / заявл. DGU 2018 0873 от 07.11.2018.

14. Васильев В. А., Калмыкова М. А. Анализ и выбор программных продуктов для решения инженерных задач приборостроения // Современная техника и технологии. 2013. Вып. № 3. URL: <http://technology.snauka.ru/2013/03/1702> (дата доступа 23.08.19).

15. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: учеб. пособие / В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Е. А. Солдусова, Н. А. Глазунова, И. Е. Адвянов; Самарский гос. техн. ун-т. Самара, 2010. 271 с.

Sh. Kh. Sultonov, V. P. Bubnov

Emperor Alexander I Saint Petersburg State Transport University

PROGRAM FOR AUTOMATION OF CALCULATIONS OF LOAD VALUES, ACTING ON A WAGON BODY AT ELECTRONIC CALCULATIONS WITH FURTHER THREE-DIMENSIONAL MODELING

Automation of the calculation of the loads acting on the body structure of a freight car during strength calculations is carried out with further three-dimensional modeling using information technology. A functional diagram of the developed program for calculating the loads acting on the car body is given. The stages of development and the basic modules of a software product that implements mathematical calculations are determined. The features of the software implementation of the presented algorithms using the object-oriented programming language C# are discussed. The developed program in C# language with the use of the integrated Visual Studio environment allows to increase the accuracy and reduce the time for calculating the loads acting on the body of a freight car during strength calculations with various initial technical and economic characteristics and design features of freight cars. An engineering analysis using load values obtained using the developed program is presented.

Car building, freight wagon, modeling, loading, strength, automation, schematic diagram, algorithm, programming, object-oriented programming (C#)