

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»**

**16+  
ISSN 2071-6168**

**ИЗВЕСТИЯ  
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Выпуск 11**

**Тула  
Издательство ТулГУ  
2020**

Председатель

*Грязев М.В.*, д-р техн. наук, ректор.

Первый заместитель председателя

*Воротилин М.С.*, д-р техн. наук, проректор по научной работе.

Заместитель председателя

*Прейс В.В.*, д-р техн. наук, заведующий кафедрой, авторизованный представитель Издательства ТулГУ в РИНЦ.

Ответственный секретарь

*Фомичева О.А.*, канд. техн. наук, начальник Управления научно-исследовательских работ, авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ.

#### Члены редакционного совета:

*Батанина И.А.*, д-р полит. наук, –

гл. редактор серии «Гуманитарные науки»;

*Берестнев М.А.*, канд. юрид. наук, –

гл. редактор серии «Экономические и юридические науки»;

*Борискин О.И.*, д-р техн. наук, –

гл. редактор серии «Технические науки»;

*Егоров В.Н.*, канд. пед. наук, –

гл. редактор серии «Физическая культура. Спорт»;

*Заславская О.В.*, д-р пед. наук, –

гл. редактор серии «Педагогика»;

*Качурин Н.М.*, д-р техн. наук, –

гл. редактор серии «Науки о Земле»;

*Понаморева О.Н.*, д-р хим. наук, –

гл. редактор серии «Естественные науки».

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор

*Борискин О.И.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Заместитель главного редактора

*Ларин С.Н.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Ответственный секретарь

*Яковлев Б.С.*, канд. техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ

*Журин А.В.*, канд. техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

#### Члены редакционной коллегии:

*Александров А.Ю.*, д-р техн. наук (Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева, г. Ковров);

*Баласанян Б.С.*, д-р техн. наук (Государственный инженерный университет Армении, г. Ереван, Армения);

*Дмитриев А.М.*, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет «СТАНКИН», г. Москва);

*Запомель Я.*, д-р техн. наук (Технический университет Остравы, г. Острава, Чехия);

*Колтунович Т.Н.*, д-р техн. наук (Люблинский технологический университет, г. Люблин, Польша);

*Кристалл М.Г.*, д-р техн. наук (Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград);

*Ларкин Е.В.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

*Мельников В.Е.*, д-р техн. наук (Национальный исследовательский университет «МАИ», г. Москва);

*Мещеряков В.Н.*, д-р техн. наук (Липецкий государственный технический университет, г. Липецк);

*Мозжечков В.А.*, д-р техн. наук

(АО «Тулаэлектротрипод», г. Тула);

*Распопов В.Я.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

*Савин Л.А.*, д-р техн. наук (Орловский государственный технический университет, г. Орел);

*Степанов В.М.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

*Сычугов А.А.*, канд. техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

*Трезубов В.И.*, д-р техн. наук (АО «НПО «СПЛАВ», г. Тула);

*Яцун С.Ф.*, д-р техн. наук (Юго-Западный государственный университет, г. Курск).

Сборник зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). ПИ № ФС77-75986 от 19 июня 2019 г.

Подписной индекс сборника 27851 по Объединённому каталогу «Пресса России».

Сборник включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук», утвержденный ВАК Минобрнауки РФ, по следующим научным специальностям:

05.02.02 Машиноведение системы приводов и детали машин;

05.02.07 Технология и оборудование механической и физико-технической обработки;

05.02.08 Технология машиностроения;

05.02.09 Технологии и машины обработки давлением;

05.02.13 Машины, агрегаты и процессы (по отраслям);

05.02.23 Стандартизация и управление качеством продукции;

05.09.03 Электротехнические комплексы и системы;

05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям);

05.13.06 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям);

05.13.11 Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС «СКАЛА»

В.Ю. Островляничик, В.А. Кубарев, О.А. Игнатенко, М.М. Кучик, О.Р. Галлямова

*В статье рассмотрен программно-аппаратный автоматизированный учебно-производственный комплекс «СКАЛА», его структура и возможности использования в образовании и производстве. Приведено описание компонентов комплекса, показаны направления дальнейшего развития с учётом современных требований и изменения номенклатуры средств автоматизации.*

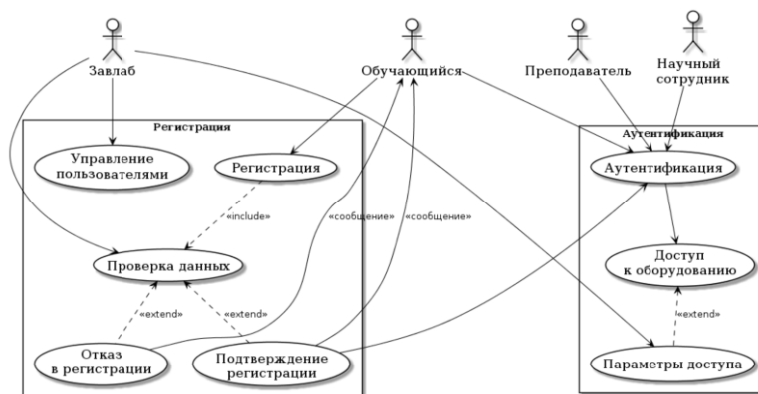
*Ключевые слова:* система кафедра-лаборатория, СКАЛА, электропривод, информационная система, обучение.

В настоящее время предприятиям энергетики, металлургической и горнодобывающей промышленности требуются подготовленные кадры в области проектирования и обслуживания электроприводов, а также автоматизированных систем управления производством (АСУ П). АСУ П создаются на основе отдельных узлов автоматизации основных технологических процессов (локальных АСУ ТП), включающих силовое электрооборудование и электроприводы различных мощностей от единиц до десятков тысяч киловатт. В подобной АСУ ТП отдельная система электропривода представляет собой локальную автоматическую систему управления (АСУ ЭП), входящую как подсистема в АСУ ТП.

Таким образом, современный специалист в области электропривода и промышленной электроники, должен быть подготовлен и уметь не только проводить наладку систем управления электроприводом, но и работать с элементами АСУ ЭП включая настройку электроприводов и программирование технологических контроллеров [1, 2], что требует работы обучающихся непосредственно с электроприводом и вовлечения их в эксперименты на «живом» электроприводе.

Для повышения эффективности подготовки специалистов был разработан автоматизированный учебно-производственный комплекс «Система кафедра-лаборатория (СКАЛА)». Комплекс обеспечивает подключение рабочих мест, обучающихся под контролем преподавателя и научных сотрудников к физическим моделям электроприводов, расположенных в машинном зале, через локальную вычислительную сеть университета и передачу оперативной информации о проводимом эксперименте на рабочие станции. Надо отметить, что подобные идеи высказывались ранее и реализация, и внедрение в учебный процесс отдельных элементов подобных комплексов в том или ином виде положительно сказывалось на качестве обучения [3, 4, 5].

На рис. 1 представлена диаграмма вариантов использования комплекса СКАЛА, показывающая основные взаимодействия пользователей системы.



**Рис. 1. Диаграмма вариантов использования системы СКАЛА**

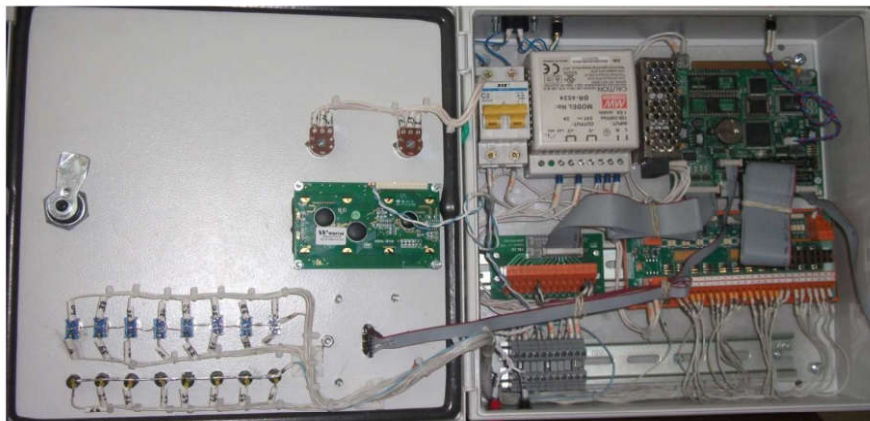
Рабочие места учебно-производственного комплекса находятся в разных корпусах университета. Места обучающихся и преподавателя расположены на кафедре, а рабочие места заведующего лабораторией и научных сотрудников расположены в лаборатории автоматизированного электропривода технологических процессов (ЛАЭП ТП) рядом с машинным залом, содержащим системы управления и электроприводы, представляющие собой модели электроприводов разных типов: тиристорный преобразователь – (генератор) – двигатель (ТП-(Г)-Д), частотный преобразователь – асинхронный двигатель (ЧП-АД), частотный преобразователь – синхронный двигатель (ЧП-СД).

В состав физической модели электропривода входит: система управления — контроллер технической автоматики и защит (КТАЗ) для электропривода постоянного тока или система автоматического управления и защит (САУЗ) в физических моделях с асинхронным и синхронным приводом, цифровая система автоматического управления электроприводом (ЦСУ) и система управления тиристорным преобразователем нагрузочного двигателя (ТП НД).

Системы управления в машинном зале связаны по протоколу Modbus, применяемый интерфейс RS-485, связь с верхним уровнем осуществляется через преобразователь интерфейса RS-485 / Ethernet.

Рабочие места обучающихся оснащены стендами на основе контроллеров Fastwel CPC10703 и CPC109, а также Advantech ADAM-5510 и программным обеспечением для работы с регистрирующе-диагностическим устройством, на серверах лаборатории и учебного класса устанавливаются СУБД СКАЛА и её версия СУБД КЛАСС соответственно.

На рис. 2 представлен внешний вид стенда на базе контроллера Fastwel CPC10703.



**Рис. 2. Контроллер на рабочем месте обучающегося на базе Fastwel CPC10703**

Представленный лабораторный стенд включает в себя: контроллер Fastwel CPC10703, источники питания Meanwell +5В и +24В, матричную клавиатуру FP-3, клеммную плату с опторазвязкой на 16 входов и 8 выходов ТВИ-16/8 С, набор переключателей для задания состояний дискретных входов, и потенциометры для задания аналоговых сигналов местного управления.

На рис. 3 представлена диаграмма развёртывания системы СКАЛА с узлами системы и компонентами программного обеспечения, размещёнными на каждом узле.

Во время работы системы при снятии характеристик с выбранной физической модели данные поступают на регистрирующе-диагностическое устройство и сохраняются в базе данных РДУ, с АРМ оператора на пульте управления сохраняются в БД АРМ, откуда они собираются сервером в БД СКАЛА для дальнейшего использования.

Для применения в системе СКАЛА разработано программное обеспечение для моделирования электроприводов горно-металлургического комплекса. В структуру программного обеспечения входит база данных параметров технологического процесса,

электрооборудования и электрических машин, модуль анализа и моделирования и модуль работы с пользователем, предназначенный для формирования отчётов и вывода результатов моделирования как на экран, так и в виде различных отчётов.

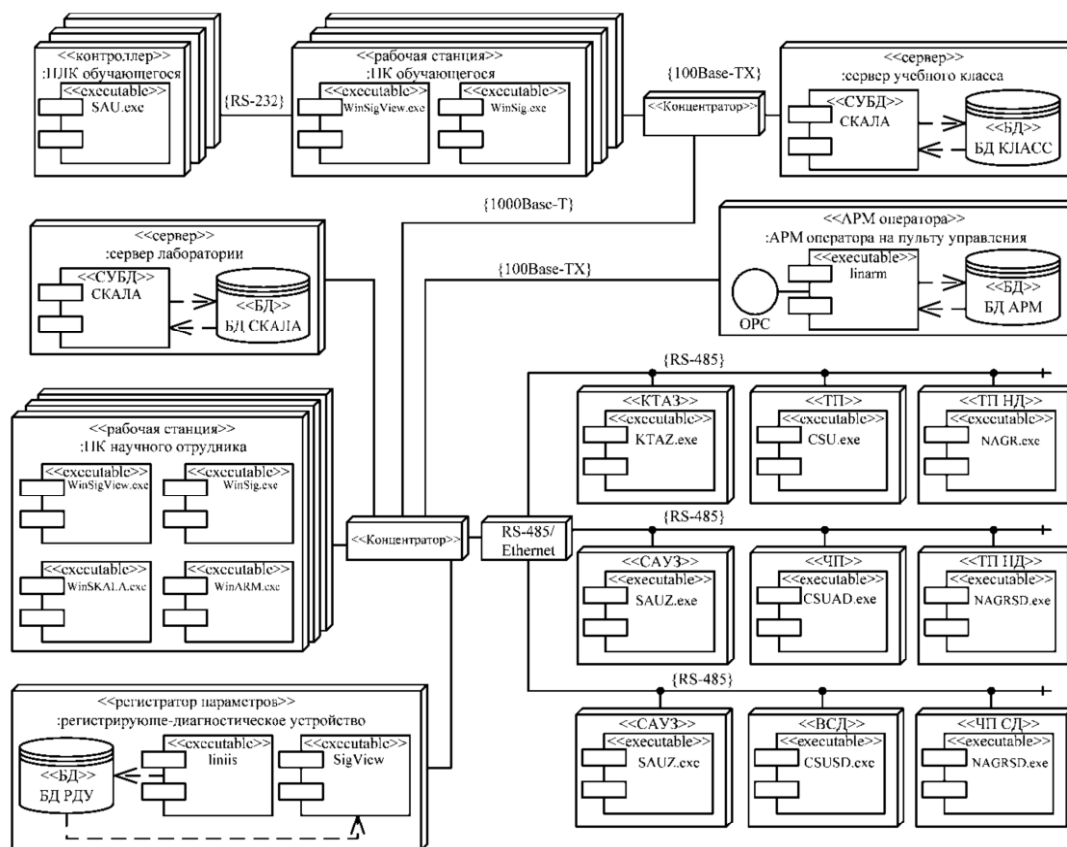


Рис. 3. Диаграмма развёртывания системы СКАЛА

Причём доступ к РДУ и АРМ оператора на пульте управления обеспечивается как через специальное ПО, так и при необходимости прямого управления экспериментом посредством удалённого рабочего стола с существующих рабочих мест.

Структура программного обеспечения комплекса СКАЛА представлена на рис. 4.

При разработке комплекса программ особое внимание уделялось его направленности на работу с пользователями, в том числе с обучающимися, которые только осваивают работу с научными системами и программирование. Программное обеспечение комплекса разрабатывалось по модульному типу с применением технологии автоматического программирования [6, 7], что позволило упростить отладку и ввод системы в работу. Алгоритм работы комплекса СКАЛА показан на рис. 5.

Таким образом, в настоящее время в комплекс СКАЛА входят три физические модели электроприводов, регистрирующе-диагностическое устройство, АРМ оператора, серверы баз данных и восемь рабочих мест, оснащённых контроллерами Fastwel и Advantech что, позволяет изучать и программировать системы управления электроприводами различных типов.

При разработке автоматизированного учебно-производственного комплекса «СКАЛА» создана инфраструктура и программное обеспечение, которое позволило кроме выполнения учебных задач и повышения качества учебных курсов по дисциплинам «Системы управления электроприводов», «Промышленные контроллеры» и «Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов», также создать полигон для испытания и разработки промышленных образцов систем управления [8, 9], перед поставкой их заказчику.

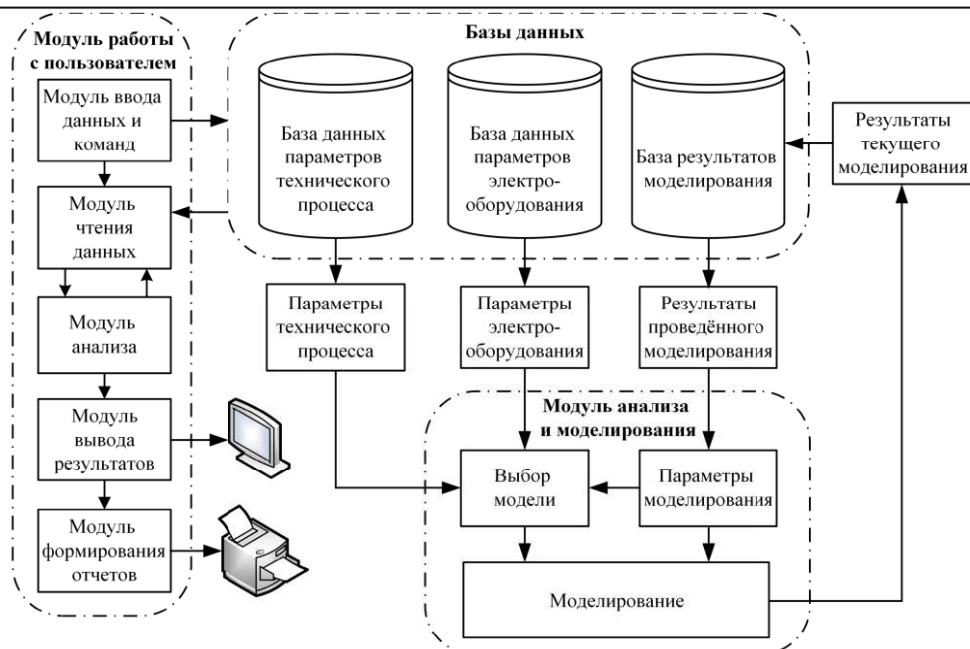


Рис. 4. Структура программного обеспечения комплекса СКАЛА

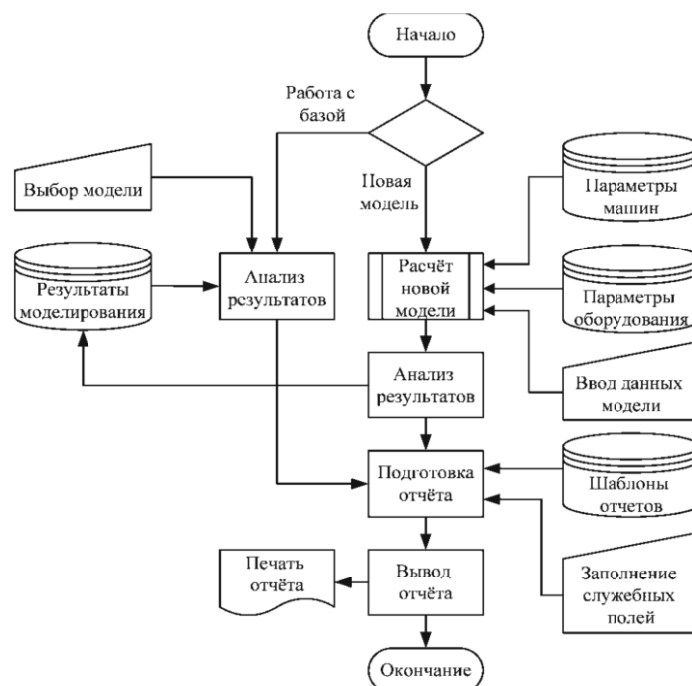


Рис. 5. Алгоритм работы системы

В дальнейшем планируется модернизации комплекса путём ввода в него контроллеров фирм Siemens и Schneider Electric, как наиболее часто применяемых в настоящее время на промышленных предприятиях Кузбасса, а также интеграция комплекса СКАЛА в систему дистанционного обучения Moodle, что позволит проводить отдельные эксперименты обучающимся, находясь вне вуза.

### Список литературы

1. Островляничик В. Ю. Автоматический электропривод постоянного тока горно-металлургического производства: учебное пособие. Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2004. 383 с.

2. Авраменко В.Ф., Островляничик В.Ю., Кубарев В.А. Проблемы развития автоматизированного электропривода шахтных подъёмных установок // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника в металлургической и горно-топливной отраслях: Труды Третьей Всероссийской научно-практической конференции. Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2006. С. 3 – 7.

3. Афонин Ю., Шарнин Л., Баран Е., Липницкий А., Лысов Н., Маслов А., Федоряк Р. Микропроцессорная техника для вузов // Современные технологии автоматизации. 2001, № 3. С. 58 – 67.

4. Баран Е., Захаров П., Любенко А. Web-лаборатория «Микроконтроллеры и сигнальные процессоры» // Современные технологии автоматизации. 2005 №1. С. 64 – 68.

5. Островляничик В.Ю., Галлямова О.Р. Учебно-производственный комплекс СКАЛА // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника в металлургической и горно-топливной отраслях: Труды Третьей Всероссийской научно-практической конференции. Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2004. С. 181 – 185.

6. Шалыто А.А. SWITCH-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления. СПб.: Наука. 628 с.

7. Harel, David. Statecharts: A Visual Formalism for Complex Systems // Sci. Comput. Programming (8), 1987. P. 231 – 274.

8. Островляничик В.Ю., Кубарев В.А., Корнеев В.А., Галлямова О.Р. Реализация на основе ПЛИС системы технологической автоматики и защит подъёмной установки с электроприводом переменного тока // Вестник КузГТУ. 2017. №5. С. 127-136.

9. Островляничик В.Ю., Кубарев В.А., Модзелевский Д.Е., Борщинский М.Ю., Веригин Н.В., Маршев Д.А., Ермаков И.А. Унифицированная цифровая система управления вентиляторной установкой // Вестник КузГТУ. 2018. №1. С. 139-148.

*Островляничик Виктор Юрьевич, д-р техн. наук, профессор, [kafaep@sibsiu.ru](mailto:kafaep@sibsiu.ru), Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет,*

*Кубарев Василий Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой, [kubarev.sibsiu@list.ru](mailto:kubarev.sibsiu@list.ru), Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет,*

*Игнатенко Оксана Александровна, старший преподаватель, [oksana.nkz@mail.ru](mailto:oksana.nkz@mail.ru), Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет,*

*Кучик Марина Михайловна, аспирант, ведущий инженер, [officium\\_meum@list.ru](mailto:officium_meum@list.ru), Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет,*

*Галлямова Ольга Радиковна, соискатель, [20gao15@mail.ru](mailto:20gao15@mail.ru), Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет*

#### *AUTOMATED EDUCATIONAL AND PRODUCTION COMPLEX «SKALA»*

*V.Yu. Ostrovlyanchik, V.A. Kubarev, O. A. Ignatenko, M. M. Kuchik, O. R. Gallyamova*

*The software and hardware automated educational and production complex «SKALA», its structure and possibilities of use in education and production are considered. A description of the complex components is given, directions for further development are shown, taking into account modern requirements and changes in the range of automation equipment.*

*Key words: department-laboratory system, SKALA, electric drive, information system, education.*

---

*Ostrovlyanchik Victor Yuryevich, doctor of technical science, professor, [kafaep@sibsiu.ru](mailto:kafaep@sibsiu.ru), Russia, Novokuznetsk, Siberian State Industrial University,*

*Kubarev Vasiliy Anatolevich, candidate of technical science, docent, head of department, [kubarev.sibsiu@list.ru](mailto:kubarev.sibsiu@list.ru), Russia, Novokuznetsk, Siberian State Industrial University,*

*Ignatenko Oksana Alexandrovna, senior lecturer, [oksana.nkz@mail.ru](mailto:oksana.nkz@mail.ru), Russia, Novokuznetsk, Siberian State Industrial University,*

*Kuchik Marina Michaylovna, postgraduate, lead engineer, [officium\\_meum@list.ru](mailto:officium_meum@list.ru), Russia, Novokuznetsk, Siberian State Industrial University,*

*Gallyamova Olga Radikovna, applicant, [20gao15@mail.ru](mailto:20gao15@mail.ru), Russia, Novokuznetsk, Siberian State Industrial University*

УДК 623.4.01

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В SIEMENSIMAGINE.LABLMS**

И.Д. Шадрин, Д.В. Юдинцев

*В статье рассматривается комплексная методика процесса построения численной модели ходовой части военной гусеничной машины для её всестороннего анализа. В основе лежит структурная модель, которая представляется в виде блок-схемы и используется на всех этапах проектирования изделия. Предложенная в статье методика подразумевает создание в кратчайшие сроки единой параметризованной математической модели, которая используется на всех этапах проектирования изделия. Требуемая детализация модели зависит от этапа выполнения опытно-конструкторской работы и требуемого расчёта.*

*Ключевые слова: военная гусеничная техника, параметризованная математическая модель, методика создания математической модели.*

В настоящее время, тенденции в разработке и модернизации систем для основных боевых танков, идут по пути усложнения [1]. Это связано с тем, что системы и агрегаты становятся более интегрированными, взаимозависимыми и взаимовлияющими друг на друга. Несмотря на это, время, выделяемое для разработки нового изделия, либо модернизации устаревшего, постоянно уменьшается. Как следствие, объём работы у инженера-конструктора увеличивается и усложняется, при неизменных требованиях, предъявляемых к точности и качеству проектируемого изделия.

Поэтому, для расчёта и моделирования военных гусеничных машин требуется программное обеспечение, с максимально широким и гибким функционалом, которое могло бы объединить в одной модели несколько разделов физики. Именно таким ПО и представляется *Siemensimagine.LABLMS*.

*Siemensimagine.LABLMS* – это программный пакет представляющий из себя набор инструментов, используемых для моделирования, анализа и прогнозирования производительности в многодисциплинарных системах.

Из основных свойств данного ПО стоит отметить:

1. Сочетание одномерного и трёхмерного моделирования, что позволяет построить параметризованную функциональную модель;

|                                                                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Тархов Н.С., Лазуткин Р.П., Тархов А.Н.</i><br>Моделирование теплового поля биологической ткани .....                                                                                       | 456 |
| <i>Патрикова Е.Н., Патрикова Т.С.</i><br>Особенности организации современного учебного занятия с использованием<br>дистанционных образовательных технологий .....                              | 463 |
| <i>Островляничик В.Ю., Кубарев В.А., Игнатенко О.А.,<br/>Кучик М.М., Галлямова О.Р.</i><br>Автоматизированный учебно-производственный комплекс «СКАЛА» .....                                   | 467 |
| <i>Шадрин И.Д., Юдинцев Д.В.</i><br>Моделирование ходовой части транспортных средств специального<br>назначения в Siemensimagine.LABLMS .....                                                  | 472 |
| <i>Арсентьева М.В.</i><br>Вычислительный практикум по дисциплине «Внутренняя баллистика» .....                                                                                                 | 478 |
| <i>Стреляев С.И., Евланова О.А., Козлов А.С.</i><br>Полунатурный физический эксперимент в дисциплине<br>«Теория и практика физического моделирования» .....                                    | 483 |
| <i>Алешичева Л.И., Дехтяр Д.А., Евланова О.А., Троицкий А.Н.</i><br>Использование дистанционных инструментов при курсовом<br>проектировании по техническим специальностям .....                | 485 |
| <i>Мордакин Б.Ю.</i><br>Формирование содержания информационной основы деятельности<br>в тренажёре по укладке купола парашютной системы .....                                                   | 490 |
| <i>Дружинин А.Л., Жабин И.П.</i><br>Применение 3D моделей объектов вооружения и военной техники<br>при подготовке операторов ПТРК .....                                                        | 497 |
| <i>Куц К.В., Жабин А.И., Артюшков В.С.</i><br>Применение современных образовательных технологий<br>при проведении практических занятий по эксплуатации<br>стрелково-пушечного вооружения ..... | 501 |
| <i>Мальцев В.А., Майоров Н. В., Колганов А.Г.</i><br>Разработка интерактивных учебных материалов для подготовки<br>специалистов по эксплуатации систем и комплексов вооружения .....           | 504 |
| <i>Емельянов А.В., Гордеев В.Н., Титов Д.А., Жабин И.П.</i><br>К вопросу тренажерного обучения работе со съёмным авиационным<br>вооружением .....                                              | 510 |

## **СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ**

|                                                                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Полякова М.А., Казанцева Т.В., Казанцева Н.К., Ткачук Г.А.</i><br>Использование принципа комплексной стандартизации для определения<br>взаимоувязанных требований к объекту стандартизации ..... | 516 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Научное издание

**ИЗВЕСТИЯ**  
**ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**  
**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Выпуск 11**

*Редактор О.И. Борискин*

*Компьютерная правка и верстка – М.С. Шевков, Б.С. Яковлев*

Учредитель:

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»  
300012, г. Тула, просп. Ленина, 92

Изд. лиц. ЛР № 020300 от 12.02.97

Подписано в печать 10.12.20. Дата выхода в свет 15.12.20.

Формат бумаги 70×100 1/8. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 91,16

Тираж 500 экз. Заказ 176

Цена свободная

Адрес редакции и издателя:

300012, г. Тула, просп. Ленина, 95

Отпечатано в Издательстве ТулГУ

300012, г. Тула, просп. Ленина, 95