

# Проектирование токоприёмника для высокоскоростного подвижного состава

## Design of the Current Collector for the High-Speed Rolling Stock

### **Герасимов М.А.**

Аспирант кафедры «Электротехника и теплоэнергетика» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург

### **Gerasimov M.A.**

Postgraduate Student, Department «Electrical and Heat Power Engineering», Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg

### **Ким К.К.**

Д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент АЭН РФ, член IEEE, зав. кафедрой «Электротехника и теплоэнергетика» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург  
e-mail: toe@pgups.ru

### **Kim K.K.**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Electrical Science Academy of the Russian Federation, Member of the IEEE, Head of the Department «Electrical and Heat Power Engineering», Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg  
e-mail: toe@pgups.ru

### **Аннотация**

Целью исследования, описанного в данной статье, является создание модели асимметричного токоприёмника, предназначенного для высокоскоростного подвижного состава железных дорог. Сравнение разрабатываемой конструкции проведено с токоприёмниками SSS400+ и ТА1-УКС.160. Проектирование и исследование токоприёмника производятся в САПР SolidWorks, позволяющей в рамках одного программного обеспечения провести практически весь необходимый комплекс исследований без натуральных испытаний. Ключевыми направлениями исследований являются поиск достаточно точной и быстродействующей системы привода токоприёмника, а также анализ перспективы использования рам нестандартного сечения. В статье приведены результаты прочностных расчётов звеньев токоприёмника. Описан принцип альтернативного способа приведения механизма в движение.

**Ключевые слова:** токоприёмник, высокоскоростной транспорт, привод токоприёмника, асинхронный двигатель, треугольное сечение.

### **Abstract**

The target of the researching of this article is the designing of an asymmetric current collector model for the high-speed rolling stock. There is the comparison of the proposed construction with the SSS400+ and TA1-УКС.160 current collectors. We used the SolidWorks CAD for the scheming and researching because of great number of instruments inside one software. The basic directions of the investigation are the

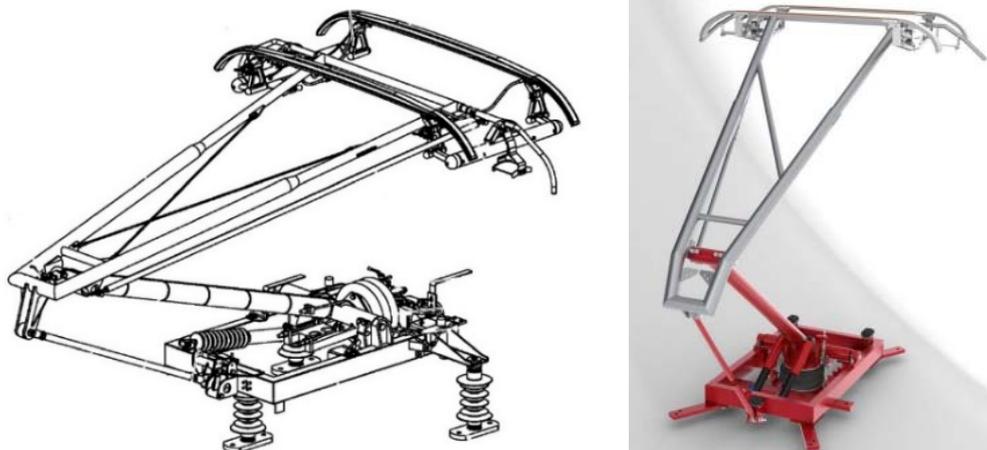
searching of accurate and fast-acting driving unit system and analysis of the perspectives of using special cross-section of the pantograph elements. The article contain the results of the current collector elements strength analysis. We describe the alternative method to put the pantograph in motion.

**Keywords:** current collector, high-speed transport, current collector's driving unit, asynchronous motor, triangular cross-section.

Исследования в области высокоскоростного железнодорожного транспорта приобретают все большую актуальность для Российской Федерации, этому способствует успешная эксплуатация поездов *Siemens Velaro Rus* на участке Москва – Санкт-Петербург. 18 сентября 2018 г. было заключено соглашение между *Siemens AG* и ООО «Уральские локомотивы» о производстве высокоскоростных поездов на территории РФ [1].

Целью представленной работы является создание модели токоприёмника для высокоскоростного подвижного состава, обладающей конкурентными с зарубежными аналогами характеристиками. По причине отсутствия в РФ производства токоприёмников для высокоскоростных поездов сравнение разработанной конструкции в данной статье производится с токоприёмником электропоезда «Сапсан», а также с наиболее близким к нему по своей конструкции отечественным токоприёмником ТА1-УКС.160.

Проектируемая конструкция должна обладать эксплуатационной скоростью до 400 км/ч, иметь возможность точной активной регулировки высоты подъёма полоза для лучшего контроля усилия нажатия на контактный провод, а также иметь упрощённую конструкцию, как для удобства производства, так и для удобства эксплуатации при неукоснительном соблюдении требований ГОСТ 32204-2013 Токоприёмники железнодорожного электроподвижного состава.



**Рис. 1.** Аналоги асимметричного токоприёмника (SSS400+ слева, и ТА1-УКС.160 справа)

Как уже было сказано, аналогами, с которыми проводится сравнение проектируемой конструкции в исследовании, являются токоприёмники SSS400+ и ТА1-УКС.160 (рис. 1). Такое сравнение обусловлено тем, что асимметричные токоприёмники обладают на сегодняшний день лучшим сочетанием показателей массы, прочности, количества подвижных соединений и подрессоренной массы, чем их симметричные аналоги. По это причине симметричные токоприёмники в исследовании не рассматриваются.



**Рис. 2.** 3D модель токоприёмника

В результате проектирования при помощи САПР SolidWorks была создана модель токоприёмника, представленная на рис. 2. В дальнейших прочностных расчётах её основные элементы рассматривались по отдельности. Каждому элементу была задана нагрузка, эквивалентная статической согласно требованиям ГОСТ, после чего были проведены корректировки геометрии элементов с целью уменьшения напряжений в материале. Коэффициенты запаса прочности основных элементов представлены в табл. 1 [2].

*Таблица 1*

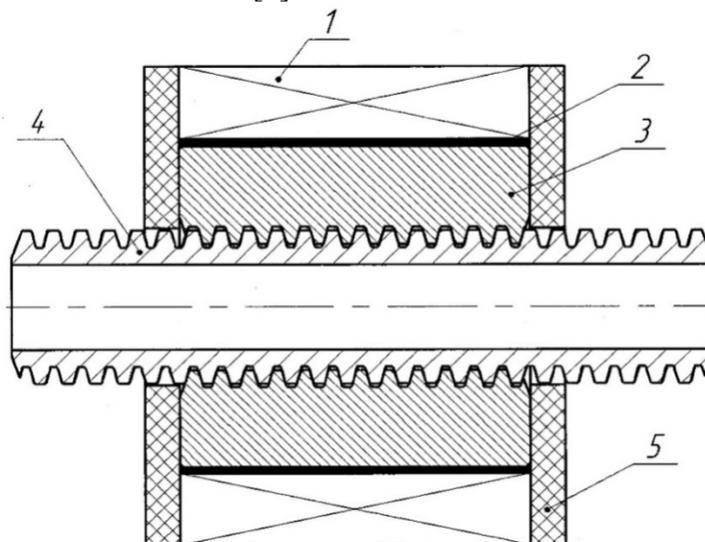
**Коэффициенты запаса прочности элементов проектируемой конструкции**

Элемент	Материал	Значение коэффициента
Основание	Легированная сталь	2,5
Нижняя рама	Легированная сталь	2,7
Верхняя рама	Алюминий 7075	2,5
Поводок	Легированная сталь	4,1
Синхротяга	Легированная сталь	2,8
Рычаг каретки	Легированная сталь	2,8

Отличительной особенностью геометрии звеньев конструкции является треугольное поперечное сечение верхней и нижней рам, дающее возможность размещать в их внутренней полости магистрали дополнительных систем токоприёмника, а также наиболее уязвимое и, вместе с тем, достаточно важное звено конструкции – синхронизирующую тягу [3]. По результатам проектирования была зарегистрирована полезная модель № 181784.

В качестве привода токоприёмника планируется использовать систему, описанную в изобретении RU 2 694 933 C1 «Электромеханическая система» (рис. 3). Данная система состоит из магнитопровода с размещенной на нем сетевой обмоткой 1, вращающейся короткозамкнутой вторичной обмотки 3, на внутренней поверхности которой нанесена и жестко связана с обмоткой резьба. Неподвижный элемент из антифрикционного неэлектропроводящего материала выполняет функцию радиального подшипника скольжения 2, вала 4. На валу 4

также нанесена резьба. При этом между вращающейся обмоткой 3 и валом 4 образовано резьбовое соединение. На торцевых частях магнитопровода 1 установлены кольца 5 с диаметром внутреннего отверстия, превышающим наружный диаметр вала, выполненные из антифрикционного материала и образующие между собой и торцевыми частями вращающейся вторичной обмотки подшипник скольжения [4].



**Рис. 3.** Вариант привода для токоприёмника

Таким образом, используя вышеописанную систему, можно ожидать более точной регулировки высоты подъема токоприёмника и усилия нажатия полоза на контактный провод, однако, требует проработки вопрос экстренного опускания токоприёмника с такой системой подъема.

### Литература

1. Уральские локомотивы URL: <http://ulkm.ru/actions/na-uralskix-lokomotivax-budut-proizvodit-vysokoskorostnye-poezda-sapsan/> (Дата обращения 24.11.2019).
2. Ким К.К. Концепт токоприёмника для высокоскоростного подвижного состава / К. К. Ким, А. А. Свечников, М. А. Герасимов // Прорывные технологии электрического транспорта. Материалы Девятого П78 Международного симпозиума «Элтранс-2017» («Eltrans-2017»), посвященного 130-летию основания Г.К. Мерчингом электротехнической школы в России. - «НП-Принт». – 2019. – С. 216–221.
3. Пат. 181784 Российская Федерация, МПК7 В 60 L 5/00 (2006.01). Токоприёмник электроподвижного состава [Текст] / Ким К. К. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I"; заявл. 12.12.17 ;опубл. 26.07.18 Бюл. № 21. – 9 с. : ил.
4. Пат. 2 694 933 Российская Федерация, МПК H02K 7/06 (2006.01), F16H 25/20 (2006.01), H02K 17/16 (2006.01). Электромеханическая система [Текст] / Иванова А. И. заявитель и патентообладатель ПАО "Авиационная холдинговая компания "Сухой" ;заявл. 14.06.2018 ;опубл. : 18.07.2019Бюл. № 20. – 8 с. : ил.