

## ОЦЕНКА НАГРУЖЕННОСТИ ПОДВЕСКИ САМОХОДНОГО МОДУЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

М. А. Пузров<sup>1</sup>,

аспирант,

А. В. Мидаков<sup>2</sup>,

аспирант

<sup>1</sup>Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва

<sup>2</sup>Институт машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН),  
г. Москва

*Рассматривается конструкция подвески самоходного модульного транспортного средства (СМТС) и результаты компьютерного моделирования ее нагруженности методом конечных элементов (МКЭ). В статье представлены общий вид, элементы конструкции подвески модульного транспортера, а также области применения СМТС; показаны результаты расчета напряженно-деформированного состояния подвески СМТС в ПО «Ansys». Актуальность работы заключается в том, что информация, представленная в данной статье, позволяет ознакомиться с конструкцией подвески зарубежных СМТС и в дальнейшем может быть использована при конструировании отечественных аналогов данных транспортных средств, при эксплуатации СМТС с целью своевременного предотвращения поломок модульного транспортера.*

**Ключевые слова:** СМТС, модульный транспортер, гидравлическая подвеска, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов.

## EVALUATION OF STRESS-STRAIN STATE OF SELF-PROPELLED MODULAR VEHICLE SUSPENSION USING THE FINITE ELEMENT METHOD

*This article discusses the design of the self-propelled modular transporter (SPMT) suspension and the results of its stress-strain state computer modeling using the finite element method (FEM). The article presents the general view, design elements of the modular transporter suspension, as well as the areas of the SPMT application. The results of calculating the stress-strain state of the SPMT*

suspension in Ansys software are shown. The relevance of the work is that the information presented in this article makes it possible to become familiar with the suspension design of foreign SPMT and it can be used in the design of domestic analogues of these vehicles, as well as during the operation of the SPMT in order to timely prevent breakdowns of the modular transporter.

**Keywords:** SPMT, modular transporter, hydraulic suspension, stress-strain state, finite element method.

СМТС – это подъемно-транспортное средство, состоящее из отдельных модулей, которые могут соединяться между собой в продольном и поперечном направлении. Данное транспортное средство имеет гидравлический привод: на приводных осях устанавливаются гидромоторы, которые приводят в движение модульный транспортер. Пример модуля СМТС представлен на рисунке 1.

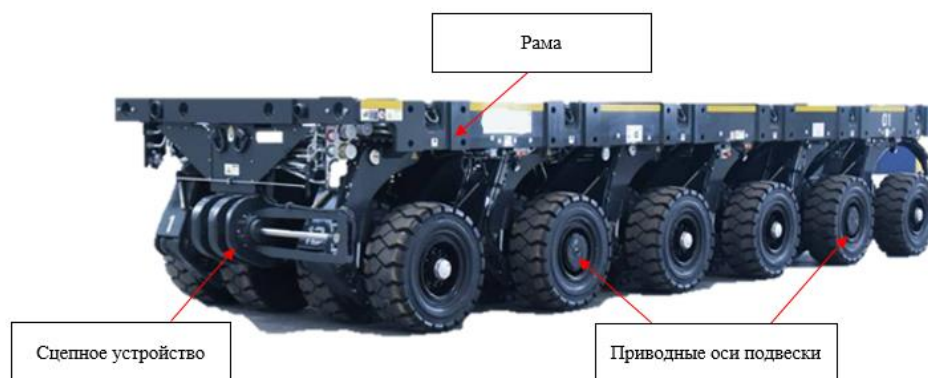


Рис. 1. Общий вид модуля СМТС [1]

СМТС используются при транспортировании крупногабаритных и тяжелых грузов (КТГ), например модульных заводов, промышленного оборудования, судов, кораблей и т. д. Масса перевозимых грузов может составлять от нескольких десятков тонн до нескольких тысяч тонн [2].

СМТС обычно оснащаются гидравлической подвеской с большим вертикальным ходом (как правило, до 750 мм), что позволяет выполнять погрузочно-разгрузочные работы без применения другого подъемно-транспортного оборудования, например кранов. Пример подвески СМТС с приводной осью приведен на рисунке 2, где ОПУ – это опорно-поворотное устройство.

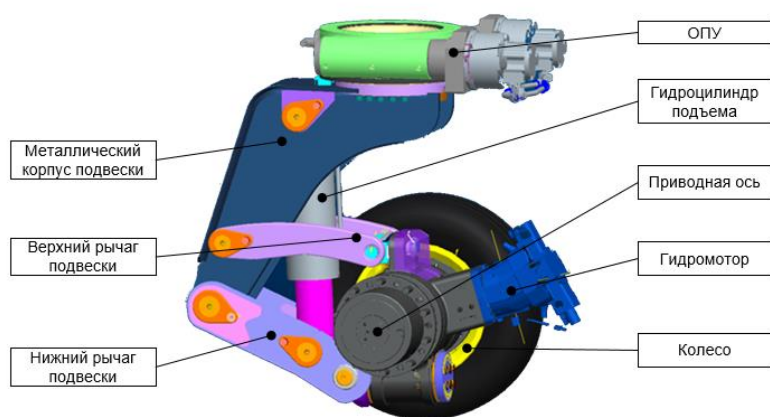


Рис. 2. Пример подвески СМТС с приводной осью [2]

При моделировании в ПО «Ansys» [3] нагрузка в 30 тонн или 294 200 Н была приложена к фланцам корпуса приводной оси (выделены красным на рис. 3); корпус подвески был жестко закреплен к ОПУ и раме СМТС.

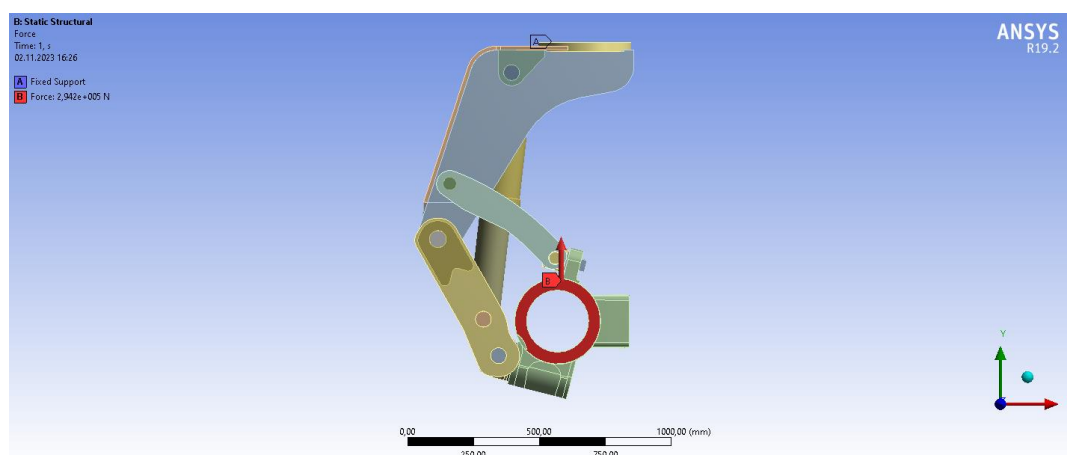


Рис. 3. Место приложения нагрузки и закрепление модели в ПО «Ansys»

Также в модели были заданы шарнирные соединения, что позволило производить расчеты при определенном ходе штока гидроцилиндра. На рис. 4 можно видеть значения максимальных напряжений, возникающих в конструкции подвески при приложении нагрузки в зависимости от положения штока гидроцилиндра. На графике видно, что максимальные напряжения в подвеске СМТС возникают, когда шток гидроцилиндра максимально втянут (ход штока находится в диапазоне 0–75 мм); затем по мере выдвижения штока, нагруженность подвески СМТС постепенно снижается.

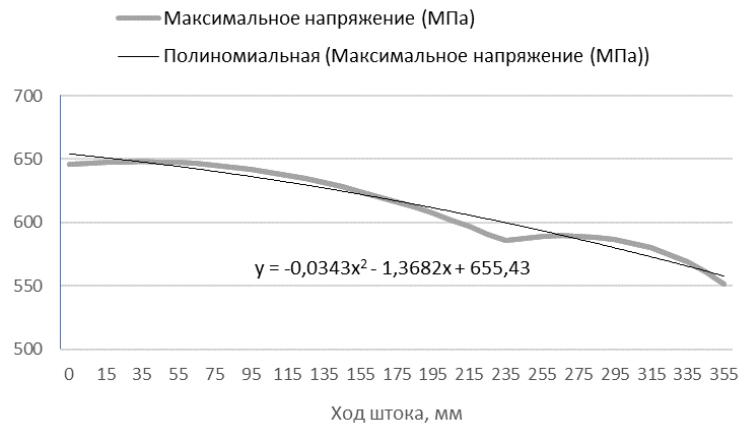


Рис. 4. Максимальное напряжение, возникающее в конструкции подвески, при определенном ходе штока гидроцилиндра (моделирование подъема и опускания груза)

На рис. 5 можно видеть напряженно-деформированное состояние подвески, когда шток гидроцилиндра находится в положении 35 мм. В этом расчетном случае показано, что максимальные напряжения возникают: а) в корпусе приводной оси рядом с местом приложения нагрузки; б) в металлическом корпусе подвески в местах скругления конструкции и в месте крепления гидроцилиндра к корпусу подвески; в) в нижних рычагах подвески рядом с креплением штока гидроцилиндра.

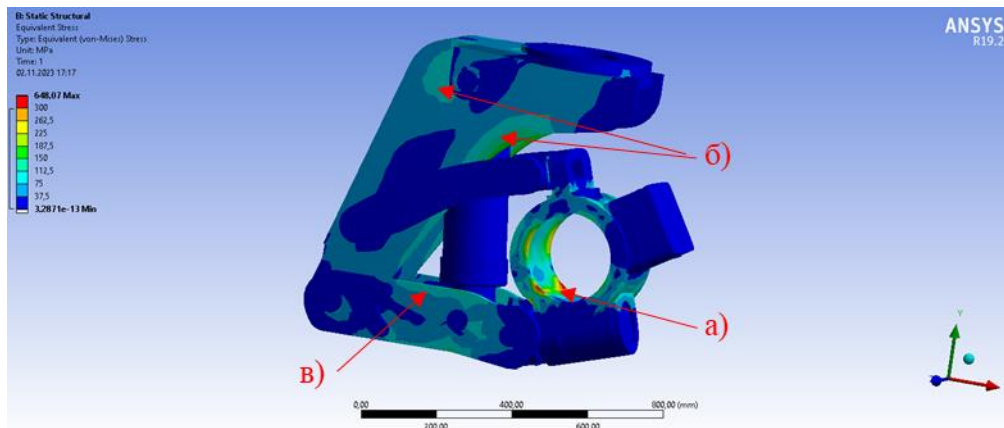


Рис. 5. Нагруженность подвески в положении штока гидроцилиндра 35 мм

Таким образом в статье была представлена конструкция подвески зарубежного СМТС с максимальной нагрузкой в 60 тонн на осевую линию. По итогам моделирования нагруженности подвески СМТС методом конечных элементов в

ПО «Ansys» можно видеть, что при приложении нагрузки максимальные напряжения в конструкции подвески возникают, когда шток гидроцилиндра максимально втянут (ход штока находится в диапазоне 0–75 мм), значения напряжений в данном положении штока составляют 645–648 МПа. Это меньше, чем предел текучести сталей S690-S700, которые используются в конструкции подвески модульного транспортера, однако при такой позиции штока рекомендуется ограничить нагрузку на СМТС во избежание возникновения поломки ТС особенно при движении и преодолении дорожных выбоин, ухабов и препятствий.

### Список литературы

1. Галерея продукции компании «Cometto» // Компания «Cometto» : [офиц. сайт]. URL: <https://www.cometto.com> (дата обращения: 27.10.2023).
2. *Варламов Л. А., Пузров М. А.* Анализ существующих схем подвесок самоходных модульных транспортных средств с электронным управлением поворотом осей (серии «MSPE») компании «Cometto» // *Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация.* 2023. № 1 (1). С 53–64.
3. *Каплун А. Б., Морозов Е. М., Шамраева М. А.* ANSYS в руках инженера : практич. руководство / авт. предисл. А. С. Шадский. Изд. стер. М. : URSS : ЛИБРОКОМ, 2016. 269 с.