

УДК 621.866-82

Методика расчета усилия, действующего в гидроцилиндре, и давления в гидравлической системе подъема самоходных модульных транспортных средств

Пузров М.А.

puzrovma@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н. Э. Баумана (Москва, Россия)

В данной статье рассматривается конструкция подвески самоходного модульного транспортного средства (СМТС) и методика расчета усилия, действующего в гидроцилиндре данной подвески, а также расчета давления в гидравлической системе модульного транспортера.

Актуальность данной статьи обусловлена тем, что вопросы исследования процессов функционирования подвески СМТС изучены недостаточно в настоящее время. Отсутствуют методики расчета подвески СМТС, что может приводить к неоптимальности конструкции подвески и, как следствие, к снижению её надежности, увеличению её массы и объемов испытаний.

Во введении рассмотрен пример модуля СМТС и его гидравлической подвески; показаны основные схемы построения СМТС; описаны сферы применения модульных транспортеров и их функции. В основной части статьи представлены методики расчета усилия, действующего в гидроцилиндре, и давления гидравлической системы подъема самоходных модульных транспортных средств.

Ключевые слова: Модульный транспортер, самоходное транспортное средство, гидравлическая подвеска, давление в гидросистеме.

Введение

Самоходное модульное транспортное средство (СМТС) – это транспортное средство (ТС), которое состоит из отдельных модулей с числом осевых линий обычно от трех до шести. СМТС приводится в движение гидромоторами, которые размещены на приводных осях модульного транспортера (см. рисунок 1).



Рис. 1. Пример СМТС с 6-осевыми линиями [1]

Модули могут быть соединены между собой как в продольном, так и поперечном направлении для формирования ТС необходимой конфигурации (см. рисунок 2). Конфигурация ТС определяется габаритами груза и его массой, прочностью рамы модульного транспортера, допустимыми осевыми нагрузками на опорную поверхность и т.д.

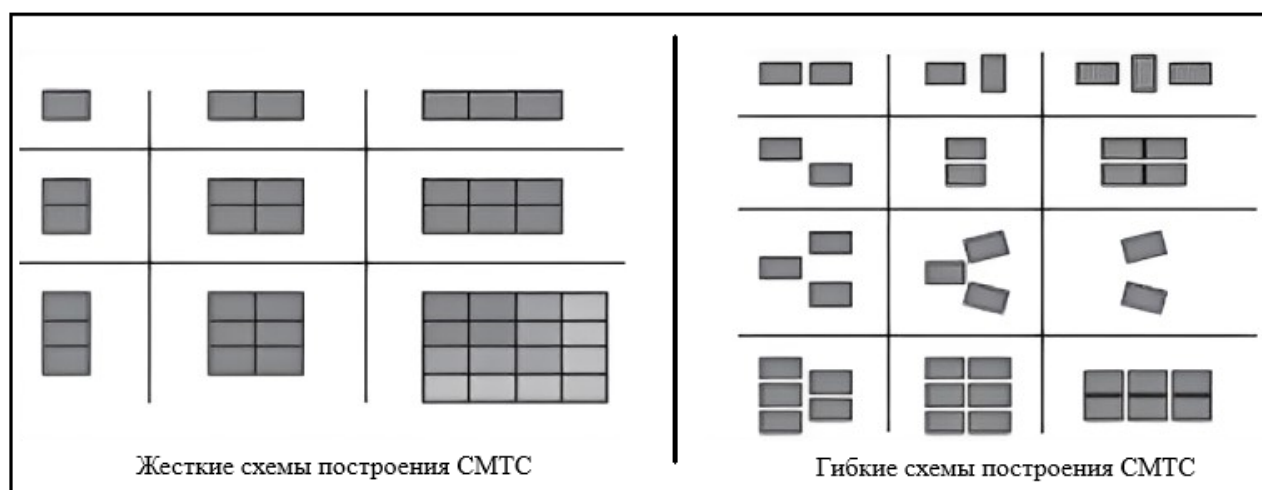


Рис. 2. Возможные схемы построения СМТС [2]

Модульные транспортеры применяются для транспортировки крупногабаритных и тяжеловесных грузов (КТГ), в том числе промышленного оборудования, специализированной техники, кораблей и судов, модульных заводов и т.д. Габариты перевозимых с помощью СМТС грузов обычно варьируются от нескольких метров до сотен метров, масса грузов может составлять от нескольких десятков тонн до нескольких тысяч тонн [3, 4]. Пример перевозки КТГ на СМТС показан на рисунке 3.

СМТС оснащаются гидравлической подвеской (см. рисунок 4), которая за счет большого вертикального хода ($\pm 300-350$ мм относительно транспортного положения) помимо основной своей функции – преодоления неровностей опорной поверхности, обеспечивает выполнение погрузочно-разгрузочных работ бескрановым методом.



Рис. 3. Перевозка КТГ с помощью модульных транспортеров [4]

СМТС оснащаются гидравлической подвеской (см. рисунок 4), которая за счет большого вертикального хода ($\pm 300-350$ мм относительно транспортного положения) помимо основной своей функции – преодоления неровностей опорной поверхности, обеспечивает выполнение погрузочно-разгрузочных работ бескрановым методом.

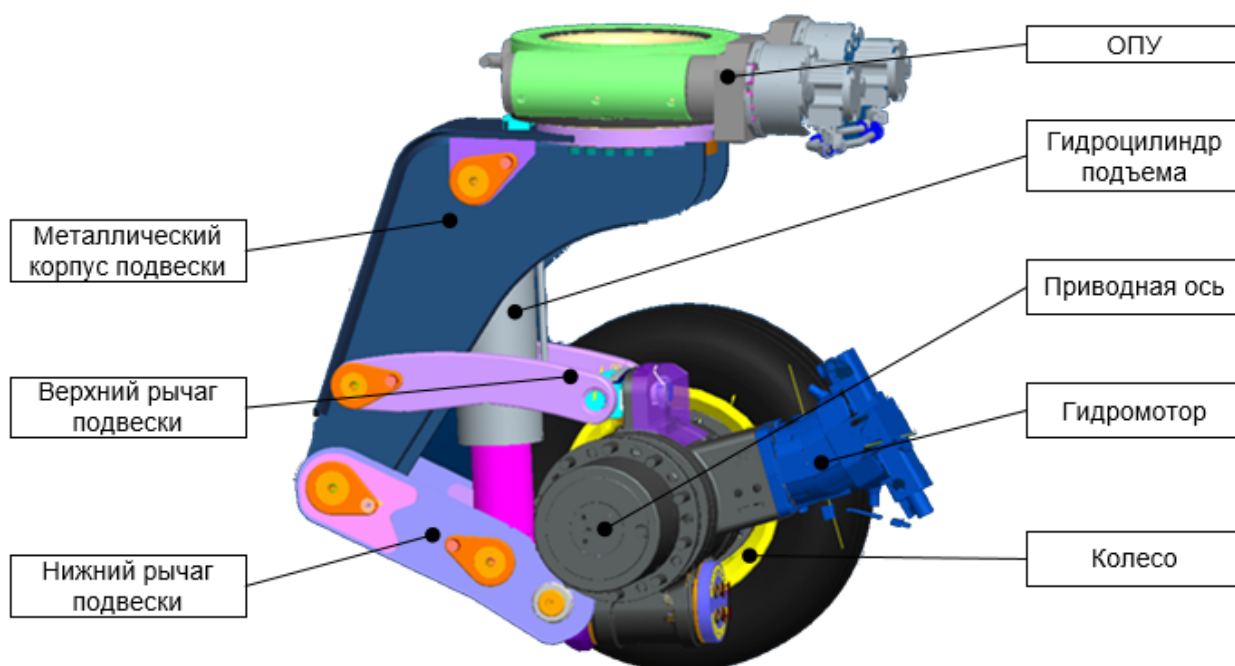


Рис. 4. Пример гидравлической подвески СМТС грузоподъемностью 60 тонн на ось

Далее рассмотрим непосредственно методики расчета усилия, действующего в гидроцилиндре подвески СМТС и давления в гидравлической системе подъема самоходного модульного транспортного средства.

Методика расчета усилия, действующего в гидроцилиндре подъема СМТС

Рассмотрим схему металлического корпуса подвески СМТС, изображенную на рисунке 5 со следующими обозначениями: G – полная нагрузка на гидравлическую подвеску; T – усилие гидроцилиндра подъема; L – вектор силы, проходящий через шарнирное соединение нижнего рычага подвески.

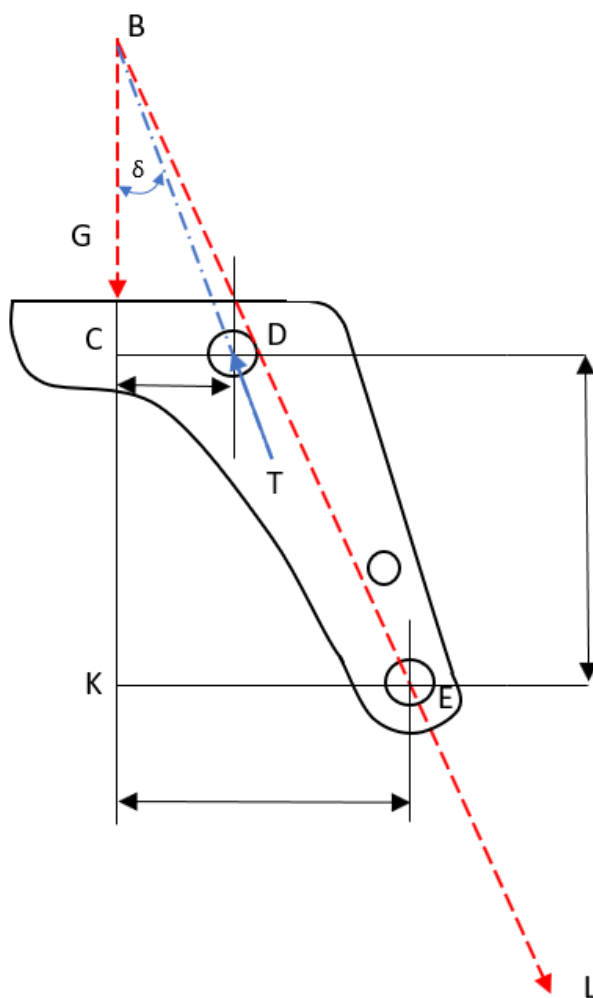


Рис. 5. Схема подвески рассматриваемого СМТС под действием нагрузки

Если пренебречь собственным весом металлического корпуса подвески, то он находится в равновесии под действием нескольких непараллельных сил. Данные силы изображены на рисунках 5 и 6. Согласно теореме о балансе трёх сил [5], линии их действия должны пересекаться в одной точке (точка В на рисунке 5).

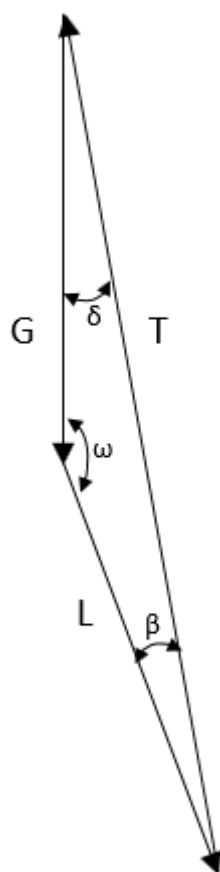


Рис. 6. Схема сил, действующих на металлический корпус подвески

Из прямоугольного треугольника BCD, изображенного на рисунке 5, определим расстояние BC по формуле (1):

$$BC = CD \times \operatorname{ctg} \delta, \quad (1)$$

где δ – угол СВТ на рисунке 5, измеряемый экспериментально для рассматриваемого СМТС.

Расстояние ВК определим по формуле (2), зная ВС, рассчитанное по формуле (1), и СК, взятое непосредственно из размеров подвески СМТС.

$$BK = BC + CK \quad (2)$$

Далее по формуле (3) определяем угол α (\angle КВЕ), зная КЕ, взятое непосредственно из размеров подвески, и ВК, рассчитанное по формуле (2).

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{KE}{BK} \quad (3)$$

Определим угол ω , который изображен на рисунке 6, по формуле (4), так как α и ω – смежные углы:

$$\omega = 180^\circ - \alpha. \quad (4)$$

Угол β определим из треугольника, изображенного на рисунке 6, по формуле (5):

$$\beta = 180^\circ - \delta - \omega. \quad (5)$$

По формуле (6) определим T (усилие гидроцилиндра подъема), используя теорему синусов для треугольника, изображенного на рисунке 6.

$$T = \frac{G \times \sin \omega}{\sin \beta} \quad (6)$$

Расчет давления в гидравлической системе подъема СМТС

Усилие гидроцилиндра подъема подвески СМТС также можно рассчитать по формуле (7):

$$T = q \times S, \quad (7)$$

где q – рабочее давление гидроцилиндра подвески (МПа)

S – площадь поршня в гидроцилиндре, которая рассчитывается по формуле (8):

$$S = \pi \frac{D^2}{4}, \quad (8)$$

где D – диаметр плунжера гидроцилиндра подвески (мм).

Преобразовав формулу (7), получим, что диаметр плунжера гидроцилиндра подвески можно рассчитать по формуле (9):

$$D = \sqrt{\frac{4 \times T}{\pi \times q}}. \quad (9)$$

С учетом конструкции механизма подвески диаметр плунжера гидроцилиндра должен быть округлен в большую сторону до ближайшего целого числа.

Рабочее давление гидроцилиндра при полной загрузке рассчитывается по формуле (10):

$$q = \frac{4 \times T}{\pi \times D^2}. \quad (10)$$

При расчете давления гидравлической системы также необходимо учесть потери (w), которые возникают при ее эксплуатации. Поэтому расчетное давление гидравлической системы можно определить по формуле (11):

$$Q = q + w. \quad (11)$$

Заключение

В данной статье были рассмотрены пример модуля СМТС и его гидравлической подвески; показаны основные схемы построения СМТС; описаны сферы применения модульных транспортеров и их функции; также представлены методики расчета усилия, действующего в гидроцилиндре, и давления гидравлической системы подъема самоходных модульных транспортных средств.

Список литературы

1. Галерея продукции компании «Cometto» [Электронный ресурс]: официальный сайт компании «Cometto». URL: <https://www.cometto.com/> (дата обращения: 24.10.2023).
 2. Лавриков А.А и др. Управление движением рассредоточенного самоходного модульного транспортера // Проблемы машиностроения и надежности машин, 2019, № 1, стр. 26-33.
 3. 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): 53 - 64.
 4. Раздел «Достижения» ГК «Спецтяжавтотранс» [Электронный ресурс]: официальный сайт ГК «Спецтяжавтотранс». URL: <https://statgk.ru/achievements/> (дата обращения: 25.10.2023).
 5. Маркеев А.П. Теоретическая механика: Учебник для университетов. - М.: ЧеРо, 1999, 572 с.
-

АВТОР

Пузров Михаил Александрович, аспирант кафедры «Подъемно-транспортные системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5), puzrovma@student.bmstu.ru

Machines & Plants Design & Exploiting

Electronic journal
International Public Organization
"Integration strategy"
<http://maplants-journal.ru>

//Machines and Plants:Design and Exploiting.
2024. № 2. pp. 13 – 20.

DOI:

Received: 10.10.2024

Accepted for publication: 11.10.2024

© Interntional Public Organization "Integration
strategy"

The method of calculating the force acting in the hydraulic cylinder and the pressure in the hydraulic lifting system of self-propelled modular vehicles

Mikhail A. Puzrov

puzrovma@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russian Federation

This article discusses the suspension design of a self-propelled modular vehicle (SMS) and the method of calculating the force acting in the hydraulic cylinder of this suspension, as well as calculating the pressure in the hydraulic system of a modular conveyor.

The relevance of this article is due to the fact that the issues of research into the functioning of the SMS suspension have not been sufficiently studied at the present time. There are no methods for calculating the SMS suspension, which can lead to suboptimality of the suspension design and, as a result, to a decrease in its reliability, an increase in its weight and test volumes.

In the introduction, an example of the CMTS module and its hydraulic suspension is considered; the main schemes for constructing the STS are shown; the scope of application of modular conveyors and their functions are described. The main part of the article presents methods for calculating the force acting in a hydraulic cylinder and the pressure of the hydraulic lifting system of self-propelled modular vehicles.

Keywords: Modular conveyor, self-propelled vehicle, hydraulic suspension, hydraulic system pressure.

References

1. Gallery of Cometto products [Electronic resource]: official website of Cometto company. URL: <https://www.cometto.com> / (date of reference: 10/24/2023).
2. Lavrikov A.A. et al. Motion control of a dispersed self-propelled modular conveyor // Problems of mechanical engineering and machine reliability, 2019, No. 1, pp. 26-33.
3. Varlamov L.A., Puzrov M.A. Analysis of existing suspension schemes of self-propelled modular vehicles with electronic axis rotation control (MSPE series) of Cometto company. Machines and installations: design, development and operation. 2023; 1(1): 53 - 64.
4. The section "Achievements" of the Group of Companies "Spetstyazhavytotrans" [Electronic resource]: the official website of the Group of Companies "Spetstyazhavytotrans". URL: <https://statgk.ru/achievements> / (date of reference: 10/25/2023).
5. Markeev A.P. Theoretical mechanics: Textbook for universities. - M.: Chero, 1999, 572 p.

AUTHOR

Mikhail A. Puzrov, postgraduate student of the Department of Lifting and Transport Systems at Bauman Moscow State Technical University, (105005, Moscow, 2nd Bauman str., 5), puzrovma@student.bmstu.ru