

# Расчет и конструирование

УДК 629.11.012.816

DOI: 10.14529/engin220301

## СОЧЛЕНЁННЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВИДОВ АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ

*Е.Е. Баженов, В.Н. Бондарь, М.В. Соломоненко*

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

При ведении современных боевых действий основное внимание уделяется высокоточному оружию. Это связано с тем, что современная ствольная артиллерия по своей эффективности приближается, а иногда и превышает ракетное оружие. Причина этого – невозможность перехвата артиллерийского снаряда в процессе полёта, высокая скорострельность и низкая стоимость боеприпасов. На основе системного анализа существующих платформ для размещения артиллерийского вооружения предложена компоновочная схема самоходного артиллерийского орудия сочленённого типа с активным приводом прицепной секции (ССАО). Исполнение самоходного артиллерийского орудия (САО) по такой схеме позволяет увеличить показатели огневой мощи и подвижности машины. Приведены расчёты, показывающие увеличение опорно-сцепной проходимости за счёт распределения массы САО на две секции. Показано, что использование в качестве второй секции ССАО машины заряжания позволяет в 3–4 раза увеличить возимый боекомплект, сократить экипаж и отказаться от системы заряжания САО «с грунта». На основе структурного подхода рассмотрен вариант создания комплекса машин на базе одного энергетического модуля или модуля управления, в котором размещается силовая установка и экипаж машины. К модулю управления в зависимости от решаемых оперативно-тактических задач присоединяются секции, имеющие различное тактическое назначение. Рассмотрен вопрос о распределении силового потока между элементами ССАО во время движения по разным опорным поверхностям. Приведены результаты имитационного моделирования движения ССАО при различных значениях кинематического рассогласования между секциями машины и рекомендации по его величине на различных типах грунта. Даны варианты развития сочленённых машин в качестве платформ для перспективных видов артиллерийского вооружения.

*Ключевые слова: сочленённая транспортная система, сочленённая гусеничная машина, самоходное артиллерийское орудие, перспективное шасси.*

**Введение.** Эффективность боевых действий в современных условиях обеспечивается высокоточным ракетным оружием [1]. Прицепная ствольная и самоходная артиллерия по эффективности зачастую имеет преимущество перед ракетным оружием. Это объясняется тем, что на артиллерийские снаряды невозможно повлиять инфракрасным и иным видом помех, на ведение стрельбы не влияют метеорологические условия. Самоходная артиллерия в силу своих конструктивных особенностей значительно превышает прицепную артиллерию по скорострельности и боекомплекту. Кроме того, артиллерийский снаряд невозможно перехватить такими средствами, как противоракетное оружие. Существующие системы наведения и корректировки огня артиллерийских установок практически приравняли их эффективность к ракетному оружию.

Использование самоходной артиллерии значительно повлияло на тактику ведения боевых действий. Современные самоходные артиллерийские орудия (САО) ведут, как правило, высокоинтенсивную кратковременную стрельбу с частой сменой огневой позиции. Это связано с появлением электронных систем управления огнём ствольной и ракетной артиллерии, действующей в режиме реального времени. Поэтому современное САО должно максимально возможно сократить время нахождения на боевой позиции [1]. Это связано с тем, что после первого выстрела противник при помощи современных средств определяет координаты САО и артиллерия противника может уничтожить артиллерийскую установку. То есть САО должно обладать высокой скорострельностью, чтобы первыми залпами нанести максимальный урон противнику и немедленно

## Расчет и конструирование

переместиться на другую боевую позицию, где заранее выгружен боекомплект для следующей серии выстрелов. Выполнение этого манёвра должно занять около 6 минут, а для безопасного нахождения на огневой позиции серия выстрелов должна проводиться в течение 1 минуты [2].

Современные метательные установки дают возможность максимально увеличить скорострельность и эффективность стрельбы. Разработаны метательные установки, имеющие модульные заряды, действующие на основе жидких метательных смесей, которые воспламеняются электрическим разрядом. Существуют образцы электрических орудий. Изменён принцип воспламенения метательных зарядов. Например, с помощью лазера. Это дало возможность конструктивно упростить затворную часть и существенно повысить скорострельность. Предложена конструкция пушки, в которой метательный заряд перемещается по стволу вместе со снарядом, обеспечивая увеличение начальной скорости снаряда при выходе из канала ствола [3].

Таким образом, пути совершенствования САО следующие:

- совершенствование артиллерийской части;
- увеличение скорострельности;
- увеличение боекомплекта;
- повышение подвижности САО;
- унификация платформ САО с другими видами бронетехники.

Создание перспективных САО связано с решением следующих задач:

- появление принципиально новых метательных установок и, как следствие, потребность в увеличении внутреннего объёма машины;
- конструкции существующих упругодемпфирующих элементов машин не могут обеспечить достаточную скорострельность;
- неприемлемая существующая схема заряжания («с грунта»);
- необходимость значительного снижения уязвимости требует повышения оперативно-тактической подвижности.

То есть необходимо существенно изменить платформу для САО.

### Основная часть

Перспективная платформа самоходного артиллерийского орудия должна быть обеспечена шасси и силовой установкой, которые позволяют реализовать:

- скорость по бездорожью (стерне) не менее 50 км/ч;
- скорость по шоссе не менее 65–70 км/ч;
- при трогании с места первые 200 м преодолевать за 20 с.

Платформа должна обеспечивать быстрое затухание колебаний корпуса после импульсного воздействия от метательной установки при выстреле. Кроме того, иметь максимальную унификацию с существующими бронированными машинами и общую массу не более 50 т [4].

Наиболее перспективным решением в этом случае следует считать сочленённое решение платформы САО – сочленённую транспортную систему (СТС). Применение таких транспортных систем находит широкое применение. СТС по сравнению с одиночными машинами имеют преимущества по более высоким тягово-сцепным характеристикам, по опорно-сцепной и профильной проходимости, по управляемости за счёт складывания секций [5].

Отечественная промышленность, начиная с семидесятых годов двадцатого века, выпускает двухзвенные сочленённые машины на Ишимбайском заводе транспортного машиностроения.

Использование машин из Ишимбая в качестве платформ для размещения артиллерийского вооружения весьма проблематично по следующим причинам:

- машины изначально создавались как транспортёры для перевозки грузов или размещения технологического оборудования;
- ходовая часть машин, их движители и, следовательно, специфика конструкции подвески, трансмиссии и силовая установка рассчитаны для движения в основном по слабонесущим грунтам (болото, снег);
- удельная мощность транспортёров не соответствует требованиям к платформам САО.

Размещение на таких машинах вооружения неизбежно приведёт к радикальному изменению их конструкции, мощностных и весовых показателей.

Однако опыт разработки, производства и эксплуатации машин типа ДТ-10П, ДТ-20П, ДТ-30П и их модификаций позволяет использовать (или не использовать) некоторые инженерные решения.

Новый облик платформы подразумевает комплексы машин, на которых в перспективе возможно размещение перспективных видов вооружения.

В качестве базы возможного варианта платформы необходимо рассматривать перспективный танк по проекту 640. Платформа должны быть максимально унифицирована по компоновочному решению, шасси, двигателю и элементам корпуса. Это значительно удешевит производство перспективной платформы.

Возможен и другой вариант создания перспективной платформы с минимальными затратами на её производство. В этом случае существующая машина 2С19 используется как боевой (основной) модуль СТС. В качестве второй секции машины целесообразно ввести транспортно-заряжающую машину (ТЗМ) – проект ФГУП «Уралтрансмаш». ТЗМ оснащена автоматизированной системой загрузки и перемещения боеприпасов. Это позволяет перегружать на борт основной секции ССАО необходимые выстрелы [6]. Обе машины соединяются узлом сочленения, позволяющим обеспечить подвижность между секциями как минимум в 2 степенях свободы. При этом обе машины могут выполнять свои задачи как в сочленённом виде, так и обособленно.

Создаваемая платформа может быть выполнена не только в сочленённом варианте. При этом конструктивное решение ТЗМ выполняется без двигателя и трансмиссионного отделения, а освободившееся пространство заполняется боекомплект. Привод второй секции (машины зарядания) осуществляется от силовой установки первой секции – САО, а управление процессом перегрузки выстрелов ведёт экипаж основного (боевого) модуля (рис. 1) [6].

Принципиально новая платформа позволяет применить модульный принцип структурного построения боевой техники. Суть его заключается в следующем (рис. 2) [6].

Основной или базовой частью комплекса выступает модуль управления. В нём помещается силовая установка и размещается экипаж машины. В зависимости от оперативно-тактической обстановки или для обеспечения деятельности войскового подразделения с базовой частью соединяются секции, предназначенные для выполнения конкретных функций. Соединение происходит через узел сочленения, позволяющий обеспечить необходимую подвижность секций и передачу силового потока к движителю. Функциональные секции не имеют силовой установки, но их движители активны, то есть предусмотрено подведение к ним силового потока. Такая схема подразумевает наиболее перспективный на сегодняшний день вид трансмиссии – электрический.

Такой подход позволяет формировать платформы с большим количеством секций, чем две (рис. 3) [6].

Двухзвенная или многокомплектная компоновка САО позволяет размещать на второй секции ПЗРК «Стрела», «Верба» или пушечно-ракетные комплексы «Сосна» или «Оса». Например, вертолеты АН-64D Apache [5, 6] используют ракеты «воздух – земля» типа «Хеллфайр» с дальностью пуска 8 км [6, 7]. В этом случае подразделение САО новой структуры, оснащенное ПЗРК «Стрела» и ПРК «Сосна», будет иметь свою защиту с воздуха. Такое подразделение и каждая отдельная САО резко снизят уязвимость подразделения в боевых условиях [1–4].

Существенным преимуществом сочленённой платформы является лучшая, чем у одиночных машин, профильная и опорно-сцепная проходимость [8–11].

Для одиночной гусеничной машины (рис. 4) среднее давление на грунт [8–11]:

$$P_{\text{ср}} = \frac{G_T}{2bL_{\text{он}}}, \quad (1)$$

где:  $G_T$  – полный вес машины,  $b$  – ширина гусеницы,  $L_{\text{он}}$  – длина опорной поверхности гусеницы.

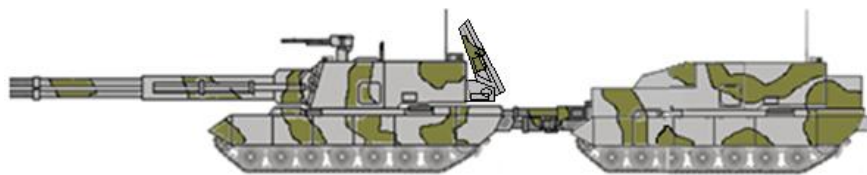
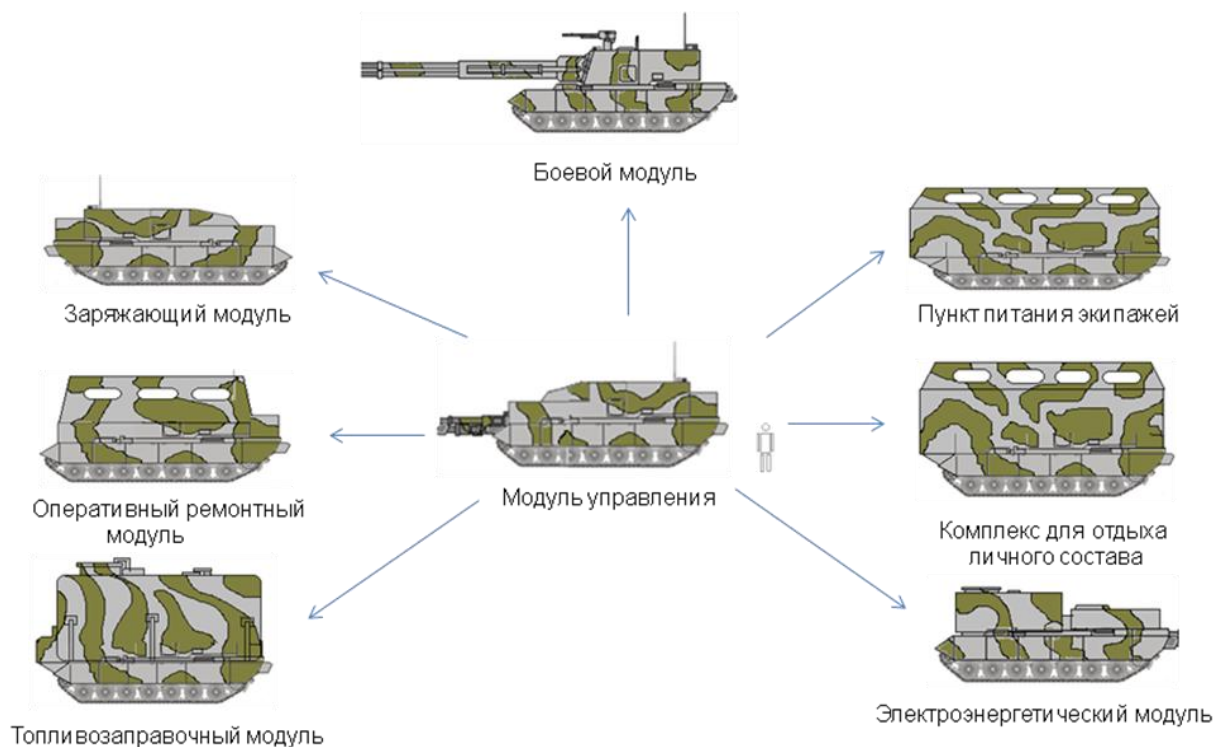


Рис. 1. Перспективное шасси сочленённого САО



**Рис. 2. Модульный принцип построения ансамбля машин**

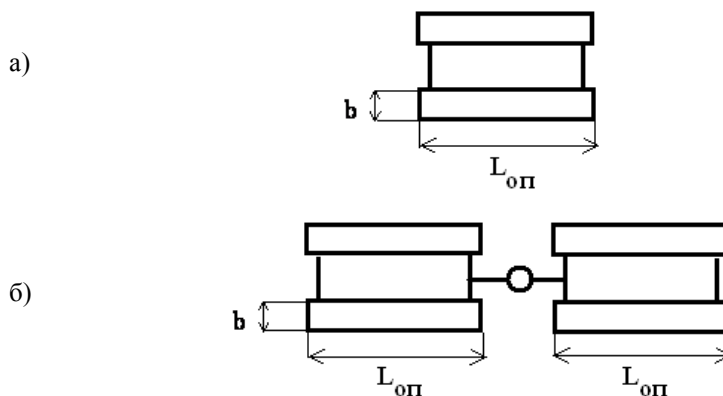


**Рис. 3. Облик многокомплектного сочленённого САО**

Для сочленённой гусеничной машины при тех же ограничениях по ширине и поворачиваемости среднее давление на грунт:

$$p_{\text{ср}} = \frac{G_T}{4bL_{\text{оп}}}, \quad (2)$$

то есть при равном удельном давлении на грунт полная масса, а следовательно, и грузоподъёмность сочленённой машины может быть увеличена по сравнению с двумя одиночными машинами.



**Рис. 4. Принципиальные схемы для оценки среднего удельного давления на опорную поверхность:**

**а) одиночная машина; б) сочленённая машина**

Это свойство СТС при использовании её в качестве базовой платформы позволит разместить в корпусе САО количество выстрелов, значительно большее, чем в одиночной машине, тем самым решая одну из главных проблем повышения боекомплекта и увеличения автономности САО в боевых условиях.

Существующее шасси САО 2С19 – модифицированный основной танк Т-72. Основное внимание при совершенствовании существующих САО сконцентрировано на упругом и диссипативном элементах подвески платформы. Диссипативные элементы имеют два режима работы: при движении по местности и при стрельбе. В настоящее время упругие и диссипативные элементы позволяют вести стрельбу со скоростью 6–8 выстрелов в минуту [4, 6].

При выстреле вдоль оси машины при любых возвышениях корпус начинает совершать как минимум возвратно-поступательные колебания в продольной и вертикальной плоскостях и вращательное движение вокруг поперечной оси. Исполнение компоновки САО в виде сочлененной машины, где в качестве узла сочленения (УС) используется активный упругодемпфирующий элемент, позволяет изменить характер движения машины после выстрела, исключив свободные колебания элементов колебательной системы. Это ведет к уменьшению времени затухания колебаний и увеличению скорострельности артиллерийской установки.

Математическое моделирование движения такой сложной технической системы, как сочленённая транспортная система, традиционным способом ведёт к большому объёму вычислительных процедур. Кроме того, как показано в [12, 13], такое решение ведёт к накоплению ошибок в процессе дифференцирования.

Для минимизации этих недостатков применён метод, основанный на основных принципах теории графов, объектно-ориентированного моделирования и программирования. Более подробно этот подход рассмотрен в [9, 13–17].

Из [20–23] можно сделать вывод, что можно выбрать универсальный элемент модели, который позволяет построить любую структурную схему практически любой технической системы. Для ССАО выбрана двухмассовая модель с двумя упругими элементами и четырьмя степенями свободы.

На основе назначенного элемента и составления уравнений связей создаётся математическая модель движения ССАО. При этом назначенный элемент и уравнения связей могут комбинироваться таким образом, что появляется возможность создать математическую модель любой колёсной или гусеничной машины.

Математическое моделирование движения ССАО и последующие расчеты показывают [9, 12], что существующая модель 2С19 не отвечает требованиям по перемещению САО по местности. Реализуемое тяговое усилие на движителе меньше суммарного сопротивления движению сочлененной системы практически на всех типах грунта и на всех передачах в трансмиссии.

Возникает необходимость создания платформы с более энергоёмкой силовой установкой, имеющей мощность не менее 14,7 кВт на тонну веса транспортной системы [5, 7].

Таким образом, учитывая перспективы мирового и отечественного развития самоходной артиллерии и приняв вес двухсекционной машины равным 8 000 кН (машина «МСТА» 4 000 кН – первая секция и машина заряжания 4 000 кН – вторая секция), получим, что мощность силовой установки должна составлять не менее 1 200 кВт (около 1 600 лс) и иметь величину крутящего момента около 9 кН\*м, или две силовые установки, имеющие суммарные показатели не ниже указанных [9–11, 22, 23].

### Результаты имитационного моделирования

Движение СТС по опорной поверхности в активном режиме, то есть активный привод осуществляется на движителе всех секций, как правило, сопровождается появлением в приводе кинематического рассогласования между и упругого момента. Это явление возникает при использовании бездифференциального привода. Такой режим характерен для движения по бездорожью и на слабонесущих грунтах. Кроме этих случаев рассогласование возникает при криволинейном движении и по профильным неровностям. Возникновение упругого момента значительно снижает суммарное тяговое усилие СТС.

Проведено имитационное моделирование для ССАО на базе 2С19, имеющей силовую установку Д21/21 Уральского моторного завода, в составе с машиной заряжания. Исследовано влия-

## Расчет и конструирование

ние кинематического рассогласования на величину упругого момента в приводе и на суммарное тяговое усилие СТС.

На рис. 5 и 6 приведены результаты имитационного моделирования. На рисунках показано:

- $P_{кр}$  – свободная сила тяги на крюке СТС, кН;
- $\Delta M$  – упругий момент (рекуперативное нагружение трансмиссии), Нм;
- $\xi$  – кинематическое рассогласование между секциями СТС.

Данные приведены для разных видов опорной поверхности с соответствующими значениями коэффициента сцепления  $\phi$  и сопротивления  $f$ . Расчёты проводились для значений кинематического рассогласования в 10, 20, 30 и 40 % между движителями секций СТС. Обозначены, соответственно, буквами, а), б), в) и г).

Расчёты показали увеличение  $P_{кр}$  и рекуперативного нагружения  $\Delta M$  с одновременным смещением  $\xi$  в отрицательную зону на дорогах с высоким значением коэффициента сцепления. И обратное явление при снижении сцепных свойств движителя с грунтом.

Исследования показали, что распределение крутящего момента между движителями СТС должно быть не постоянным, а зависеть от вида грунта, по которому движется СТС, и кинематического рассогласования. То есть распределение силового потока между секциями СТС должно быть адаптивным.

Создание принципиально новой сочлененной САО даёт возможность решить следующие проблемы оборонного комплекса:

- повышение огневой мощи (повышение скорострельности, увеличение боекомплекта, снижение уязвимости);
- повышение подвижности (повышение проходимости и управляемости).

### Выводы

1. Проведён анализ специфических этапов работы самоходных артиллерийских установок в боевых условиях. Выявлены факторы, снижающие огневую мощь.

2. Определены оперативно-тактические свойства перспективных самоходных артиллерийских орудий.

3. Предложен и обоснован облик САО, состоящий из платформы сочленённого типа, имеющей привод на движители всех секций.

4. Проведён анализ вариантов использования сочленённых платформ для создания многофункционального ансамбля машин для решения различных тактических задач.

5. Имитационное моделирование перспективной платформы с увеличенной удельной мощностью, созданной на базе существующих и проектируемых машин, показало возможность повышения оперативно-тактической подвижности за счёт адаптивного распределения ведущего момента между секциями. Критерием распределения моментов должен являться упругий момент в приводе движителей

6. Перспективная платформа в исполнении ансамбля машин позволяет размещать на ней перспективные виды артиллерийского и иного вооружения.

### Обсуждение и применение

В процессе исследований определены проблемы и поставлены задачи дальнейших исследований в этом направлении.

1. Проблема снижения колебаний корпусов ССАО после выстрела.

Задачи:

– создание математической модели колебаний корпусов ССАО от импульсного воздействия при выстреле;

– на основании результатов решения математической модели определение упругодемпфирующих характеристик активного узла сочленения и элементов подвески ходовой части;

– конструктивное решение активного узла сочленения.

2. Проблема обеспечения адаптивного управления распределением силовых потоков от силовой установки к движителям.

Задачи:

– разработка системы электрического привода движителей секций ССАО;

– создание контроллера с алгоритмом управления на основе нечёткой логики по адаптивному распределению силовых потоков.

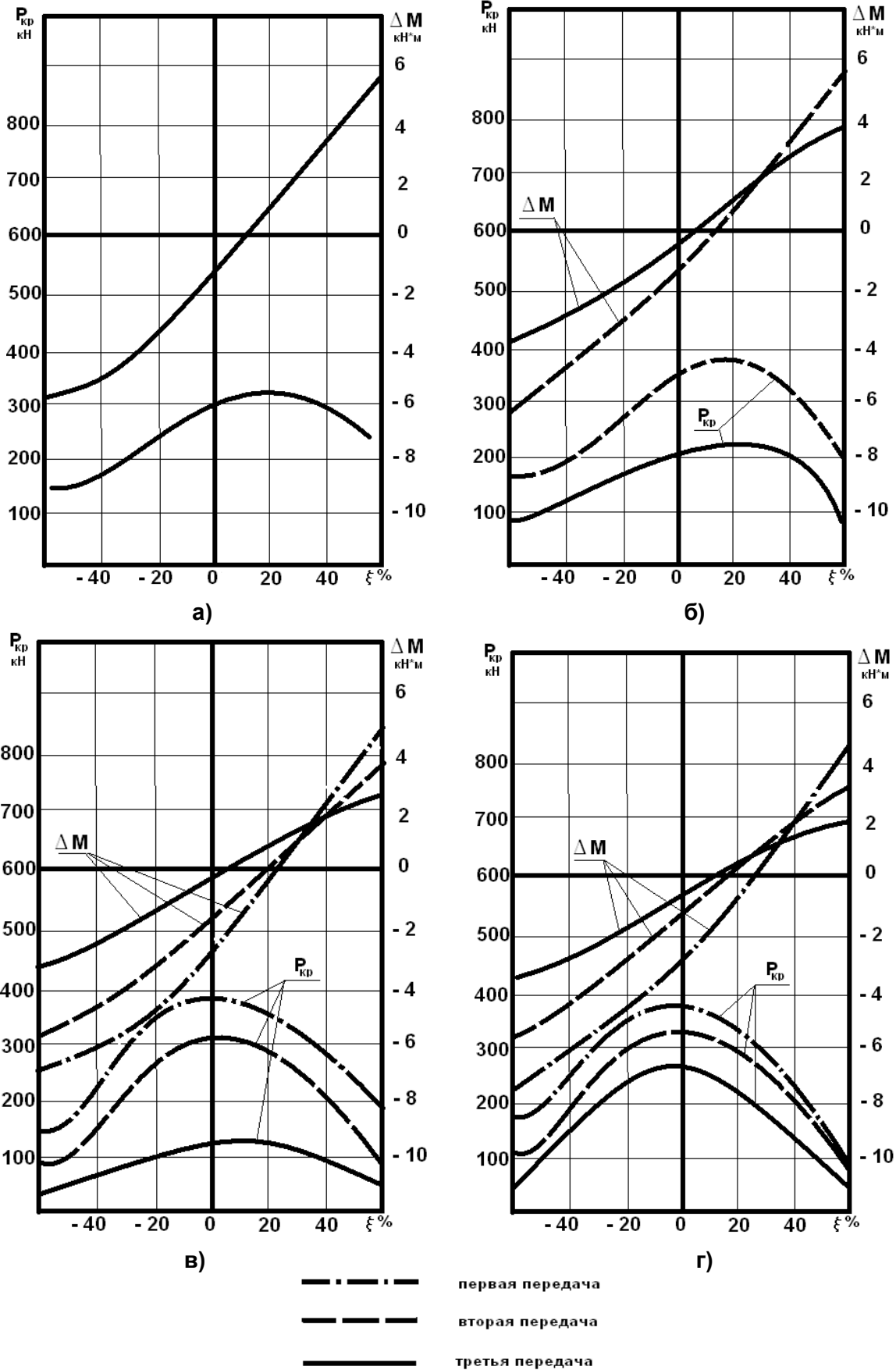


Рис. 5. Дорожные условия с  $\phi = 0,35$  и  $f = 0,15$

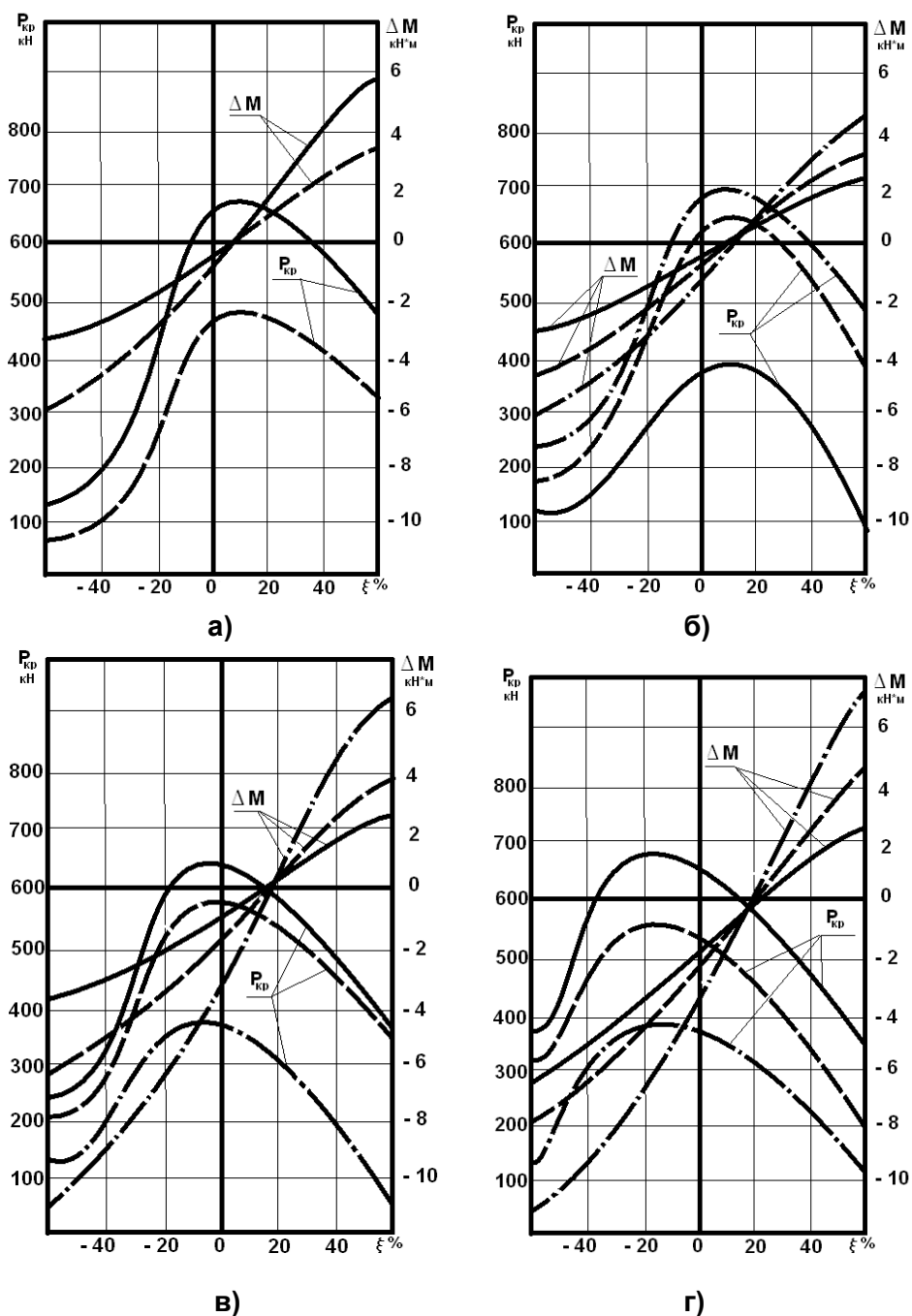


Рис. 6. Дорожные условия с  $\phi = 0,8$  и  $f = 0,09$

## Литература

1. Воробьев, И.Н. Тактика – искусство боя / И.Н. Воробьев. – М.: Общевоинская академия ВС РФ. Кафедра тактики, 2002 – 862 с.
2. Торгованов, Ю.Б. Общая тактика: учебник / Ю.Б. Торгованов. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2017 – 345 с.
3. Генкин, Ю.В. Конструкция артиллерийских выстрелов / Ю.В. Генкин, Я.О. Павлов, М.А. Преображенская. – СПб.: Балт. гос. тех. ун-т «Военмех», 2012. – 114 с.
4. Старовойтов, В.С. Военные гусеничные машины: в 4 т. / В.С. Старовойтов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 1992.
5. Simon, L. The post-inf European Missile Balance: Thinking About NATO'S Deterrence Strategy / L. Simon, A. Lanoszka // TEXAS NATIONAL SECURITY REVIEW. – 2020. – Vol. 3, Iss. 3. – P. 12–30.



6. Mahnken, T.G. *Weapons: The Growth and Spread of the Precision Strike Regime*. *Daedalus* / T.G. Mahnken. – 2011. – Vol. 140, no. 3. – P. 45–57.
7. Gilli, A. *Why China Has Not Caught Up Yet: Military-Technological Superiority and the Limits of Imitation, Reverse Engineering, and Cyber Espionage* / A. Gilli, M. Gilli // *International Security*. – 2019, Vol. 43. – P. 141–189. [https://doi.org/10.1162/isec\\_a\\_00337](https://doi.org/10.1162/isec_a_00337).
8. Giles, K. *Russia's A2/AD Capabilities: Real and Imagined*. *The US Army War College Quarterly: Parameters* / K. Giles, M. Boulègue. – 2019. DOI:10.55540/0031-1723.2860.
9. Платонов, В.Ф. *Полноприводные автомобили* / В.Ф. Платонов. – М.: Машиностроение, 1989. – 312 с.
10. Баженов, Е.Е. *Основы теории сочленённых транспортных систем* / Е.Е. Баженов, С.К. Буйначев, И.Н. Кручинин. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2010. – 258 с.
11. *Проектирование полноприводных колесных машин: в 2 т.* / под общ. ред. А.А. Полуняна. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 488 с.
12. *Обзор существующих конструкций сочленённых гусеничных машин и рекомендации по выбору их параметров* / П.П. Зубов, В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин и др. – Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. – 2015. – № 2(109). – С. 170–176.
13. Буйначев, С.К. *Моделирование структуры механизмов // Проблемы и достижения автотранспортного комплекса: сборник материалов 6-й Всерос. науч.-тех. конф.* / С.К. Буйначев, Е.Е. Баженов. – 2008. – С. 27–29.
14. Вейц, В.Л. *Динамика машинных агрегатов с двигателями внутреннего сгорания* / В.Л. Вейц. – Л.: Машиностроение, 1969. – 370 с.
15. Тарасик, В.П. *Математическое моделирование технических систем* / В.П. Тарасик. – М.: ДизайнПро, 2013. – 640 с.
16. Booch, G. *Object-Oriented Analysis and Design with Applications. Third Edition* / G. Booch, R.A. Maksimchuk, M.W. Engle et al. – Addison-Wesley Professional, 2007. – 720 p.
17. *Object oriented modeling and design*, Department of Computer Science and Engineering SJCTET, PALAI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.lectnote.blogspot.com](http://www.lectnote.blogspot.com). (дата обращения: 20.07.2022 г.).
18. Omar Elgabry *Object-Oriented Analysis and Design – Introduction (Part 1)*. *Introduction to object-oriented analysis and design*. [Электронный ресурс], 2017. – Режим доступа: <https://medium.com/>. (дата обращения: 20.07.2022 г.).
19. Cox Brad J. *Object-oriented programming: an evolutionary approach*. Addison-Wesley Pub. Co., 1986. – 487 p.
20. Eliëns, A. *Principles of object-oriented software development* / A. Eliëns. – Addison-Wesley Pub. Co. 1995. – 513 p.
21. Firesmith, D.G. *Object-oriented requirements analysis and logical design: a software engineering approach* / D.G. Firesmith. – New York: Wiley, 1993. – 575 p.
22. Платонов, В.Ф. *Гусеничные транспортёры-тягачи* / В.Ф. Платонов. – М.: Машиностроение, 1978 – 350 с.
23. Медведков, В.И. *Основы теории и конструкции бронетранспортёров и армейских автомобилей* / В.И. Медведков. – М.: Военное изд-во Министерства обороны СССР, 1973. – 384 с.

**Баженов Евгений Евгеньевич**, доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории исследований автомобильной, дорожно-строительной и специальной техники НОЦ «Энерго- и ресурсоэффективные технологии в дизелестроении для бронетанковой техники и инженерных машин», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, [st194@yandex.ru](mailto:st194@yandex.ru)

**Бондарь Владимир Николаевич**, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Колёсные и гусеничные машины», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, [bondarvn@susu.ru](mailto:bondarvn@susu.ru)

**Соломоненко Михаил Витальевич**, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Колёсные и гусеничные машины», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, solomonenkomv@susu.ru

Поступила в редакцию 3 августа 2022 г.

---

DOI: 10.14529/engin220301

## ARTICULATED PLATFORMS FOR ADVANCED TYPES OF ARTILLERY WEAPONS

**E.E. Bazhenov**, st194@yandex.ru

**V.N. Bondar**, bondarvn@susu.ru

**M.V. Solomonenko**, solomonenkomv@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

When conducting modern combat operations, the main attention is paid to high-precision weapons. This is due to the fact that modern barrel artillery approaches, and sometimes exceeds, rocket weapons in its effectiveness. The reason for this is the inability to intercept artillery shells during flight, high rate of fire and low cost of ammunition. Based on a system analysis of existing platforms for the placement of artillery weapons, a layout diagram of a self-propelled artillery gun of an articulated type with an active drive of the trailer section (SSAO) is proposed. The execution of a self-propelled artillery gun (CAO) according to this scheme allows you to increase the firepower and mobility of the machine. Calculations are given showing an increase in the support-coupling patency due to the distribution of the mass of the CAO into two sections. It is shown that the use of a loading machine in the quality of the second section of the SSAO makes it possible to increase the ammunition carried by 3–4 times, reduce the crew and get rid of the CAO loading system “from the ground”. Based on the structural approach, the option of creating a complex of machines based on a single power module or control module, which houses the power plant and the crew of the machine, is considered. Depending on the operational and tactical tasks being solved, sections with different tactical purposes are attached to the control module. The question of the distribution of the force flow between the elements of the SSAO during movement on different support surfaces is considered. The results of simulation modeling of the SSAO movement at different values of kinematic mismatch between sections of the machine and recommendations on its magnitude on various types of soil are presented. Variants of the development of articulated vehicles as platforms for promising types of artillery weapons are given.

*Keywords: articulated system, transport system, tracked vehicle, self-propelled artillery gun, advanced chassis.*

### References

1. Vorobyov I.N. *Taktika – iskusstvo boya* [Tactics – the art of combat]. Moscow. Combined Arms Academy of the Armed Forces of the Russian Federation. Department of Tactics. 2002. 862 p.
2. Torgovanov Yu.B. *Obshchaya taktika: uchebnik* [General tactics. Textbook] Krasnoyarsk. Siberian Federal University. 2017. 345 p.
3. Genkin Yu.V., Pavlov Ya.O., Preobrazhenskaya M.A. *Konstruktsiya artilleriyskikh vystrelov* [The design of artillery shots] St. Petersburg: Balt. State. tech. un-t “Voenmeh”. 2012. 114 p.
4. Starovoitov V.S. *Voyennyye gusenichnyye mashiny: v 4 tomakh* [Military tracked vehicles: in 4 volumes] Moscow. Bauman Moscow State Technical University. 1992.
5. Simon L., Lanoszka A. The post-inf European Missile Balance: Thinking About NATO’S Deterrence Strategy. *TEXAS NATIONAL SECURITY REVIEW*. 2020. vol. 3, iss. 3. pp. 12–30.
6. Mahnken T.G. Weapons: The Growth and Spread of the Precision Strike Regime. *Daedalus*. 2011. vol. 140, no. 3. pp. 45–57.
7. Gilli A., Gilli M. Why China Has Not Caught Up Yet: Military-Technological Superiority and the Limits of Imitation, Reverse Engineering, and Cyber Espionage. *International Security*, 2019, vol. 43, pp. 141–189. [https://doi.org/10.1162/isec\\_a\\_00337](https://doi.org/10.1162/isec_a_00337).

8. Giles K., Boulègue M. Russia's A2/AD Capabilities: Real and Imagined. *The US Army War College Quarterly: Parameters*. 2019. DOI:10.55540/0031-1723.2860.
9. Platonov V.F. *Polnoprivodnyye avtomobili* [Four-wheel drive cars] Moscow. Mashinostroenie, 1989. 312 p.
10. Bazhenov E.E., Buinachev S.K., Kruchinin I.N. *Osnovy teorii sochlenonnykh transportnykh sistem*. [Fundamentals of the theory of articulated transport systems] Yekaterinburg. Ural Federal University. 2010. 258 p.
11. Polungyan A.A. (Ed.) *Proyektirovaniye polnoprivodnykh kolesnykh mashin: v 2 t* [Design of four-wheel drive wheeled vehicles: in 2 vol.]. Moscow: Bauman State Technical University, 2009. 488 p.
12. Zubov P.P., Makarov V.S., Zezyulin D.V., Belyakov V.V., Kolotilin V.E., Kurkin A.A. [Review of existing structures of articulated tracked vehicles and recommendations on the choice of their parameters] *Proceedings of the Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev*. 2015. no. 2(109). pp. 170–176. (in Russ).
13. Buynachev S.K., Bazhenov E.E. [Modeling of the structure of mechanisms] *Problems and achievements of the motor transport complex: a collection of materials of the 6th All-Russian Scientific and Technical Conference, Yekaterinburg*, 2008. pp. 27–29. (in Russ).
14. Veits V.L. *Dinamika mashinnykh agregatov s dvigatelyami vnutrennego sgoraniya* [Dynamics of machine units with internal combustion engines] Leningrad. Mashinostroenie, 1969. 370 p.
15. Tarasik V.P. *Matematicheskoye modelirovaniye tekhnicheskikh sistem* [Mathematical modeling of technical systems]. Moscow. DesignPro, 2013. 640 p.
16. Booch G., Maksimchuk R.A., Engle M.W., Young B.J., Conallen Ph.D.Jim, Houston K.A. *Object-Oriented Analysis and Design with Applications*. Third Edition. Addison-Wesley Professional, 2007. 720 p.
17. Object oriented modeling and design, Department of Computer Science and Engineering SJCTET, PALAI, [Electronic resource]. Access mode: [www.lectnote.blogspot.com](http://www.lectnote.blogspot.com). (date of access 20.07.2022).
18. Omar Elgabry Object-Oriented Analysis and Design — Introduction (Part 1). Introduction to object-oriented analysis and design. [Electronic resource], 2017. Access mode: <https://medium.com/>. (date of access 20.07.2022).
19. Cox Brad J. *Object-oriented programming: an evolutionary approach*. Addison-Wesley Pub. Co., 1986. 487 p.
20. Eliëns A. *Principles of object-oriented software development*. Addison-Wesley Pub. Co. 1995. 513 p.
21. Firesmith D.G. *Object-oriented requirements analysis and logical design: a software engineering approach*. New York: Wiley, 1993. 575 p.
22. Platonov V.F. *Gusenichnyye transportory-tyagachi* [Tracked tractor transporters] Moscow. Mechanical Engineering, 1978. 350 p.
23. Medvedkov V.I. *Osnovy teorii i konstruksii bronetransportorov i armeyskikh avtomobiley* [Fundamentals of the theory and design of armored personnel carriers and army vehicles] Moscow. Military Publishing House of the Ministry of Defense of the USSR. 1973. 384 p.

Received 3 August 2022

---

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Баженов, Е.Е. / Сочленённые платформы для перспективных видов артиллерийского вооружения / Е.Е. Баженов, В.Н. Бондарь, М.В. Соломонович // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2022. – Т. 22, № 3. – С. 5–15. DOI: 10.14529/engin220301

#### FOR CITATION

Bazhenov E.E., Bondar V.N., Solomonenko M.V. Articulated platforms for advanced types of artillery weapons. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry*, 2022, vol. 22, no. 3, pp. 5–15. (in Russ.) DOI: 10.14529/engin220301