

Селифонтов Д.Е.,

студент,

5 курс, факультет «Ракетно-космической техники»

БГТУ «Военмех»

Россия, г. Санкт-Петербург

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДА ПОДЪЁМА КАЧАЮЩЕЙСЯ ЧАСТИ САМОХОДНОЙ ПУСКОВОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация: В статье рассмотрен вопрос определения основных параметров привода подъёма качающейся части самоходной пусковой установки. Проведён анализ сил, действующих на качающуюся часть в процессе перевода из походного положения в боевое. Получены расчётные зависимости для определения требуемого момента на приводе, мощности привода и скорости подъёма. Результаты могут быть использованы на этапе предварительного проектирования механизмов наведения и подъёма пусковых установок различного назначения.

Ключевые слова: проектирование, самоходная пусковая установка, качающаяся часть, привод подъёма, крутящий момент, мощность привода.

Annotation. The article considers the determination of the main parameters of the lifting drive for the oscillating part of a self-propelled launcher. An analysis of the forces and torques acting on the lifting mechanism during the transition from the transport position to the operating position is carried out. Calculation relationships for determining the required torque and drive power are obtained. An engineering calculation example is presented, allowing the estimation of the main characteristics of the lifting mechanism at the preliminary design stage. The obtained results can be used in the development and modernization of self-propelled launchers for various purposes.

Key words: *design engineering, self-propelled launcher, oscillating part, lifting drive, torque, drive power.*

Одним из основных элементов самоходной пусковой установки является механизм подъёма качающейся части, предназначенный для перевода направляющих или транспортно-пусковых контейнеров из походного положения в боевое. Надёжность и быстродействие привода подъёма определяют время развёртывания комплекса, точность наведения вооружения и безопасность эксплуатации техники в различных условиях применения [1].

Современные самоходные пусковые установки представляют собой сложные инженерные системы, в состав которых входят механические, гидравлические, электрические и электронные подсистемы. Среди них механизм подъёма занимает особое место, поскольку именно он обеспечивает изменение пространственного положения качающейся части и создание необходимых условий для последующего наведения на цель. Отказ или недостаточная эффективность данного механизма может привести к снижению боеготовности комплекса и увеличению времени подготовки к пуску.

На этапе проектирования привода подъёма необходимо определить основные параметры исполнительного механизма, обеспечивающего требуемую скорость, точность и плавность перемещения качающейся части. К числу определяющих факторов относятся масса поднимаемой конструкции, положение центра тяжести относительно оси вращения, диапазон углов наведения, требуемое время перевода установки в боевое положение, а также условия эксплуатации комплекса [2]. Дополнительно учитываются динамические нагрузки, возникающие при разгоне и торможении системы, влияние ветровых воздействий и возможные перекосы конструкции, обусловленные особенностями размещения оборудования.

Основной задачей расчёта является определение крутящего момента, который должен развивать привод для преодоления сил сопротивления и

обеспечения заданного режима движения. При подъёме качающейся части на привод действует момент сопротивления, обусловленный силой тяжести конструкции. Величина данного момента зависит от массы поднимаемой системы, ускорения свободного падения и расстояния от оси вращения до центра масс конструкции. В общем случае момент сопротивления определяется выражением:

$$M = m \cdot g \cdot l,$$

где m – масса качающейся части, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; l – расстояние от оси вращения до центра масс, м.

Следует отметить, что величина момента сопротивления изменяется в процессе подъёма вследствие изменения положения центра тяжести относительно направления действия силы тяжести. Наиболее неблагоприятным режимом работы является положение, при котором плечо действия силы тяжести достигает максимального значения. Именно для этого положения производится выбор основных параметров привода и элементов силовой передачи.

Для оценки требуемых характеристик рассмотрим качающуюся часть массой 5000 кг, центр масс которой расположен на расстоянии 1,2 м от оси вращения. При таких параметрах расчётный момент сопротивления составляет:

$$M = 5000 \cdot 9,81 \cdot 1,2 = 58\,860 \text{ Н} \cdot \text{м} \approx 58,9 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Полученное значение характеризует минимальный момент, необходимый для удержания конструкции в равновесии. Однако при проектировании необходимо учитывать дополнительные нагрузки, возникающие вследствие трения в опорах, инерционных воздействий и неблагоприятных условий эксплуатации. Поэтому вводится коэффициент запаса, значение которого обычно принимается в пределах 1,3–1,8.

При коэффициенте запаса 1,5 требуемый момент на выходном звене привода составит:

$$M_{\text{тр}} = 58,9 \cdot 1,5 = 88,35 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Таким образом, привод должен обеспечивать развитие крутящего момента не менее 88,3 кН·м для гарантированного выполнения поставленной задачи в расчётных условиях эксплуатации.

Не менее важным параметром является скорость перевода качающейся части из походного положения в боевое. От данного показателя напрямую зависит время подготовки комплекса к выполнению боевой задачи. В современных системах вооружения предъявляются высокие требования к оперативности развёртывания, поэтому механизмы подъёма должны обеспечивать достаточно высокую скорость перемещения при сохранении точности позиционирования.

Предположим, что подъём осуществляется на угол 60° за 20 секунд. Тогда средняя угловая скорость определяется как отношение угла поворота к времени движения:

$$\omega = \varphi / t.$$

Подставляя исходные данные, получаем:

$$\omega = 1,047 / 20 = 0,052 \text{ рад/с.}$$

Зная требуемый момент и угловую скорость, можно определить необходимую мощность привода. Для этого используется зависимость:

$$N = M \cdot \omega.$$

В результате расчёта получаем:

$$N = 88\,350 \cdot 0,052 \approx 4,6 \text{ кВт.}$$

Следовательно, минимальная расчётная мощность привода составляет около 4,5–5 кВт без учёта потерь в редукторах, подшипниковых узлах и других элементах трансмиссии. С учётом коэффициента полезного действия силовой передачи реальная установленная мощность привода должна быть несколько выше.

При выборе типа привода необходимо учитывать особенности эксплуатации самоходной пусковой установки. Наибольшее распространение получили гидравлические приводы, обладающие рядом существенных

преимуществ. К их числу относятся высокая удельная мощность, плавность регулирования скорости движения и высокая устойчивость к нагрузкам [3, 4].

Гидроприводы позволяют реализовать различные схемы управления процессом подъёма, включая автоматизированное наведение и дистанционный контроль положения качающейся части. Вместе с тем их применение требует обеспечения герметичности системы, контроля температуры рабочей жидкости и регулярного технического обслуживания.

Альтернативным вариантом являются электромеханические приводы, которые в последние годы получают всё более широкое распространение благодаря развитию силовой электроники и электрических исполнительных механизмов. Их преимуществами являются высокая точность позиционирования, простота интеграции в цифровые системы управления. Однако при больших нагрузках электромеханические системы зачастую уступают гидроприводам по удельной мощности и способности воспринимать ударные воздействия.

Для уменьшения нагрузок на привод применяются различные конструктивные решения: использование облегчённых материалов, рациональная компоновка оборудования, установка противовесов и применение уравнивающих устройств. В отдельных случаях используются гидропневматические компенсаторы, позволяющие существенно снизить требуемый момент привода и уменьшить нагрузку на силовые элементы конструкции [5].

Проведённый анализ показывает, что определяющее влияние на параметры привода оказывают масса качающейся части, положение её центра тяжести и требуемая скорость перевода установки в боевое положение. Правильный выбор параметров исполнительного механизма позволяет обеспечить надёжную работу самоходной пусковой установки, сократить время подготовки к применению и повысить эффективность.

Таким образом, расчёт параметров привода является важнейшим этапом проектирования самоходной пусковой установки. Полученные результаты

позволяют определить основные характеристики исполнительного механизма, выполнить обоснованный выбор типа привода и обеспечить требуемые показатели надёжности, быстродействия, безопасности и долговечности эксплуатации комплекса.

Список литературы:

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988. – 640 с.
2. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: Высшая школа, 2014. – 408 с.
3. Кудрявцев В.Н. Детали машин. Проектирование приводов. – СПб.: Политехника, 2012. – 448 с.
4. Попов Е.П. Основы робототехники и мехатроники. – М.: Высшая школа, 2007. – 352 с.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. – М.: Машиностроение, 2006.