

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

В.С. Суслев

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛАФЕТОВ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ ОРУДИЙ

Часть 2

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана
в качестве учебного пособия по курсу
«Проектирование ракетного и ствольного оружия»*

Москва

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана

2009

УДК 623.41(075.8)

ББК 68.514

С904

Рецензенты:

А.А. Королев, В.А. Велданов

Суслиев В.С.

С904

Проектирование лафетов артиллерийских орудий: учеб. пособие по курсу «Проектирование ракетного и ствольного оружия». — Ч. 2. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 148 с.: ил.

В пособии приведены материалы, касающиеся вопросов проектирования лафетов артиллерийских орудий. Рассмотрены особенности функционирования противооткатных устройств при откате и накате на всех периодах выстрела, приведены основы гидродинамической теории и построенные на ее базе методы расчета и проектирования гидравлических тормозов откатных частей и накатников.

Для студентов старших курсов, изучающих дисциплину «Проектирование ракетного и ствольного оружия».

УДК 623.41(075.8)

ББК 68.514

ПРЕДИСЛОВИЕ

Артиллерия продолжает занимать важнейшее место в системах вооружений всех современных армий. Повышение боевых характеристик артиллерийских установок по-прежнему остается актуальным. К важнейшим из них, помимо дальности и могущества боевого действия, относятся точность, скорострельность, режим огня, огневая маневренность, подвижность и пр. Высокий уровень этих характеристик достигается с помощью рационально спроектированного лафета и его механизмов, и прежде всего противооткатных устройств, от работы которых зависят характеристики движения ствола при выстреле и, следовательно, условия вылета снаряда из канала. От стабильности этих условий зависят результаты стрельбы.

Предлагаемое учебное пособие написано по материалам курса лекций, читаемых автором на протяжении ряда лет в МГТУ им. Н.Э. Баумана. В пособии рассмотрены как традиционные методы расчета и проектирования противооткатных устройств, так и методы, разработанные автором при решении практических задач. Их основной особенностью является теоретическое определение характеристик потоков вязкой жидкости в полостях и каналах, позволяющих рассчитать коэффициенты сопротивления гидротормозов для многих важных схем.

Из всего многообразия схем противооткатных устройств в учебном пособии рассмотрены лишь некоторые, получившие наибольшее применение в современных образцах орудий. Методики расчета других схем могут быть построены по аналогии с рассмотренными.

Ключевые разделы учебного пособия сопровождаются подробными числовыми примерами, облегчающими получение правильных результатов при выполнении самостоятельных расчетов по изложенным в пособии методикам.

Раздел 3.3 учебного пособия написан совместно с Ю.В. Черновым.

ВЕДЕНИЕ

Противооткатные устройства предназначены для управления движением ствола, а также для его возвращения в исходное после выстрела положение и удержание в этом положении при всех углах возвышения. В состав противооткатных устройств входят гидравлический тормоз откатных частей и накатник. В отличие от дульных тормозов противооткатные устройства не уменьшают импульс воздействия выстрела на лафет, а растягивают его во времени и тем самым снижают значение действующей на лафет силы. Эта сила меньше силы отдачи, что позволяет обеспечить устойчивость и неподвижность орудия при выстреле, прочность лафета при заданной массе.

Первые теоретические исследования противооткатных устройств относятся к 1879 г., когда появилась статья Г. Кане, в которой был предложен метод расчета гидравлического тормоза. Изложенные в статье идеи послужили толчком для дальнейших исследований в этой области. В России над уточнением метода Кане работали ученые П.А. Шифф, Р.А. Дурляхов, Г.Д. Гродский. В советское время развитие теории гидротормозов получила в работах профессоров Е.Л. Бравина, А.А. Толочкова, Б.В. Орлова и других исследователей.

В настоящем учебном пособии даны основные положения традиционной теории противооткатных устройств, а также результаты более поздних исследований, приведены методики проектирования современных схем противооткатных устройств. В практике проектирования артиллерийских систем для сухопутных войск в основном применяют два типа тормозов откатных частей: канавочный тормоз отката с игольчатым тормозом наката (для стационарных систем) и веретенный тормоз отката с канавочным тормозом наката (для буксируемых систем) и два типа накатников: трехцилиндровый гидропневматический и одноцилиндровый пневматический. Однако в последнее время все большее внимание конструкторов привлекают схемы концентрических противооткатных устройств, имеющих ряд преимуществ перед традиционными схемами. Ниже рассмотрены методы проектирования упомянутых устройств.

1. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ НАКАТНИКИ

Накатники предназначены для удержания откатных частей до выстрела в переднем положении при всех углах возвышения орудия и на походе и для возвращения откатных частей в переднее положение после отката. Кроме того, накатник совместно с тормозом откатных частей и другими агрегатами лафета участвует в создании силы сопротивления откату. Иногда в состав накатника включают устройства, создающие гидравлические сопротивления протеканию в них рабочей жидкости для дополнительного торможения наката.

Необходимая для наката откатных частей энергия аккумулируется в упругом элементе накатника — газе или металлической пружине. В соответствии с этим накатники подразделяются на газовые и пружинные. В газовых накатниках в качестве рабочего тела используется азот (в мирное время) или воздух (в военное время), поэтому их также называют пневматическими накатниками. Для запирания рабочего газа в целях предотвращения его прорыва в окружающую среду в них имеется жидкость, предназначенная в основном для уплотнения зазоров в подвижных элементах. В орудиях периода Второй мировой войны и более поздних применяются накатники с большим объемом жидкости, соизмеримым с объемом рабочей жидкости в гидравлических тормозах, из-за чего их называют гидропневматическими накатниками — двухцилиндровыми и трехцилиндровыми. В последнее время все чаще применяются одноцилиндровые накатники, дифференциальные уплотнения которых содержат небольшое количество уплотняющей жидкости. Они имеют ряд преимуществ перед накатниками других схем.

Известно множество схем и конструктивных решений газовых накатников. Наиболее распространены в последнее время трехци-

линдровый гидропневматический и одноцилиндровый пневматический накатники, поэтому в пособии рассмотрены методы проектирования именно таких накатников. Эти методы могут быть использованы при проектировании накатников других схем с учетом их конструктивных особенностей. Пружинные накатники проигрывают пневматическим по массогабаритным характеристикам. Они применяются в основном в орудиях с низкой баллистикой и в малокалиберной автоматической артиллерии.

1.1. Основные схемы накатников

Конструктивная схема трехцилиндрового накатника (рис. 1.1) включает в себя установленный в рабочем цилиндре 4 поршень 1 со штоком 3. Рабочий цилиндр размещен в наружном цилиндре 6. На рабочем цилиндре закреплен средний цилиндр 7. Полость накатника занимают в определенной пропорции рабочий газ 9 и уплотняющая жидкость 11, находящиеся под давлением и имеющие границу раздела 8. Рабочий и средний цилиндры имеют отверстия 10 и 5 для прохода жидкости. Для предотвращения прорыва жидкости на поршне и в дне рабочего цилиндра выполнены уплотнительные устройства 2 и 12. Количество жидкости, соотношение размеров и взаимное расположение элементов накатника выбирают из условия исключения контакта газа 9 с уплотнением 12 при всех углах возвышения орудия. Цилиндр 6 закреплен в обойме казенника орудия и участвует в откате. Шток неподвижен и крепится в кронштейне люльки. Включение накатника (и тормоза откатных частей) с подвижным цилиндром в схему орудия позволяет получить меньшее значение энергии отката по сравнению с его противоположным включением, когда в откат идет шток.

Накатник работает следующим образом. При откате жидкость из рабочего цилиндра 4 под действием поршня 1 выталкивается через отверстие 10 в средний цилиндр, а оттуда через отверстие 5 — в наружный. Поступающая в наружный цилиндр жидкость сжимает находящийся в нем газ 9, тем самым обеспечивая накопление потенциальной энергии. После остановки в конце отката откатных частей в заднем положении под действием давления газа происходит обратное движение жидкости из наружного цилиндра через отверстие 5 в средний цилиндр, а из него через отверстие 10 —

в рабочий цилиндр. Давление жидкости в рабочем цилиндре вызывает его обратное движение относительно поршня и штока, а вместе с ним движение откатных частей орудия, тем самым обеспечивая их накат.

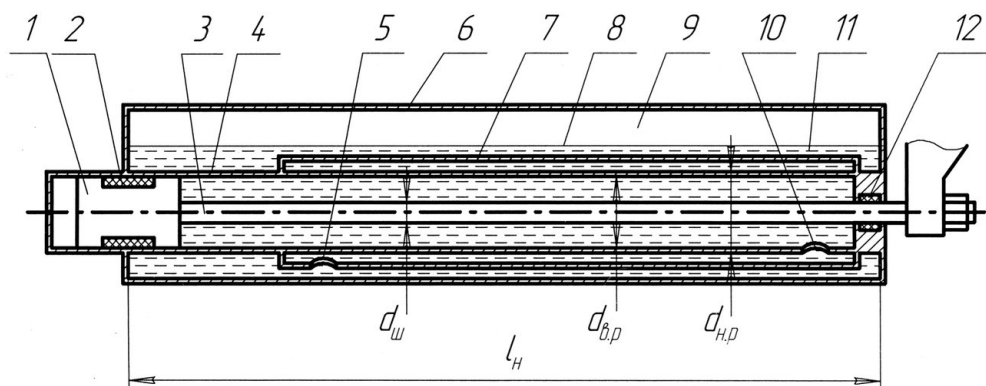


Рис. 1.1. Схема трехцилиндрового гидropневматического накатника

Введение в конструкцию накатника среднего цилиндра 7 обусловлено необходимостью надежного запираания газа в накатнике при подвижном цилиндре путем исключения его контакта с уплотнительным устройством 12 цилиндра при всех углах возвышения орудия. В схеме с подвижным штоком (сейчас не применяется) средний цилиндр не устанавливается; такой накатник называется двухцилиндровым.

Пневматический накатник (рис. 1.2) содержит установленный в цилиндре 7 поршень 1 со штоком 6. На шток надеты два плавающих поршня 5 и 11 дифференциальных уплотнительных устройств. Их полости 3 и 12, отделенные плавающими поршнями от полости цилиндра 8 с рабочим газом, заполнены уплотняющей жидкостью, исключающей контакт газа с уплотнениями поршня 2 и штока 15 и утечку газа в атмосферу. Поршни снабжены уплотнениями 4 и 10. Шток 8 может иметь полость 9 для размещения дополнительного объема рабочего газа.

Работает накатник следующим образом. При откате движение цилиндра 7 вызывает движение поршня 11 относительно неподвижных штока 6 и поршней 1 и 5 и уменьшение объема полости цилиндра 8. При этом давление в полости 8 повышается, достигая максимального значения в конце отката. Это давление через пла-

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВЕДЕНИЕ	4
1. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ НАКАТНИКИ.....	5
1.1. Основные схемы накатников.....	6
1.2. Основные характеристики накатников	9
1.3. Расчет конструктивных параметров накатников	15
2. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕОРИИ ГИДРОТОРМОЗОВ	32
2.1. Особенности течения рабочей жидкости в гидротормозах	33
2.2. Система уравнений.....	42
2.3. Давление в гидротормозе	52
2.4. Коэффициент сопротивления	54
3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТОРМОЗА ОТКАТНЫХ ЧАСТЕЙ	71
3.1. Канавочный тормоз отката с игольчатым тормозом наката.....	71
3.2. Веретенный тормоз отката с канавочным тормозом наката.....	87
3.3. Тепловой расчет гидравлического тормоза.....	101
4. КОНЦЕНТРИЧЕСКИЕ ПРОТИВООТКАТНЫЕ УСТРОЙСТВА	116
4.1. Конструктивные схемы	116
4.2. Методы расчета	121
4.3. Тепловой режим тормоза.....	129
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	145