

В.В. Чугунков

Моделирование процессов функционирования оборудования мобильных пусковых установок

Учебно-методическое пособие



Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н. Э. Баумана
2 0 2 3

УДК 629.76
ББК 39.62
Ч-83

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://bmstu.press/catalog/item/8056/>

Факультет «Специальное машиностроение»
Кафедра «Стартовые ракетные комплексы»

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебно-методического пособия*

Рецензент
канд. техн. наук, доцент *В.А. Игрицкий*

Чугунков, В. В.

Ч-83 Моделирование процессов функционирования оборудования мобильных пусковых установок : учебно-методическое пособие / В. В. Чугунков. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2023. — 34, [2] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-6162-2

Содержит методические указания по моделированию, определению и анализу характеристик движения и силовых факторов, действующих на ракету при различных параметрах пускового оборудования, а также по моделированию работы гидропривода подъема контейнера пусковой установки с использованием лабораторного стенда.

Для студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана, обучающихся по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов».

УДК 629.76
ББК 39.62



Уважаемые читатели! Пожелания, предложения, а также сообщения о замеченных опечатках и неточностях Издательство просит направлять по электронной почте: info@bmstu.press

ISBN 978-5-7038-6162-2

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023

Предисловие

Настоящее учебное пособие содержит методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Проектирование мобильных установок», которые предназначены для студентов кафедры «Стартовые ракетные комплексы», обучающихся по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов». Лабораторные работы охватывают разделы дисциплины, в которых рассмотрены способы старта ракет из пусковых и транспортно-пусковых контейнеров, методы расчетов давления в подракетном объеме контейнера, параметров движения и силового воздействия на контейнер и ракету в процессе старта, принципы построения и особенности функционирования приводов подъема контейнера с ракетой в наклонное и вертикальное положение для осуществления старта.

Объектами моделирования являются конструкции пускового оборудования для осуществления активного старта ракеты, а также приводы подъема контейнера с ракетой в положение для старта. Моделирование параметров движения и силового воздействия на транспортно-пусковой контейнер проводится с учетом действия поперечных сил, возникающих при действии ветровых нагрузок в период старта, и выполняется с использованием специализированной компьютерной программы. Моделирование приводов подъема контейнера с ракетой и исследование параметров их функционирования реализуются на лабораторном стенде.

В лабораторных работах проводится моделирование влияния параметров транспортно-пускового контейнера и аккумулятора давления на характеристики старта ракеты, разрабатываются и моделируются приводы подъема контейнера с ракетой для условий функционирования пускового оборудования.

Пособие содержит краткие сведения о технологиях, устройствах и моделировании процессов старта ракеты, об определении и анализе характеристик движения и силовых факторов, действующих на ракеты, при различных параметрах пускового оборудования,

о моделировании работы гидропривода подъема контейнера пусковой установки с использованием лабораторного стенда. В пособии приведены также необходимые для выполнения и обработки результатов лабораторных работ пояснения и вопросы для самопроверки в целях подготовки к защите лабораторных работ.

В ходе выполнения лабораторных работ студенты получают знания по моделированию характеристик движения ракеты и силовых факторов, действующих на нее в условиях старта из транспортно-пускового контейнера, приобретают умение проводить расчетный анализ параметров старта и выбора параметров пускового оборудования, получают навыки разработки схемных построений приводов подъема контейнера с ракетой и в реализации их на лабораторном стенде с проверкой функционирования, в измерении характеристик и их обработке, а также обучаются работе с экспериментальным оборудованием и измерительными приборами лабораторного стенда, владению техникой проведения экспериментальных исследований и обработки результатов экспериментов.

Принятые сокращения

- ОВП — опорно-воздушный пояс
- ПАД — пороховой аккумулятор давления
- ПГРК — подвижный грунтовой ракетный комплекс
- ПУ — пусковая установка
- ТПК — транспортно-пусковой контейнер

1. Краткие теоретические сведения

В процессе эксплуатации ракетного комплекса ракета, находящаяся на пусковой установке (ПУ), должна быть защищена от неблагоприятных факторов окружающей среды (воздействия высоких и низких температур наружного воздуха, солнечного излучения, осадков в виде дождя, снега и пыли, а для ракетных комплексов морского базирования и от морской воды), которые при непосредственном воздействии уменьшают ее срок службы. При применении средств поражения против ракетного комплекса ракета должна быть защищена от механического воздействия ударной волны и осколков, а также от очагов пожара.

Пусковые и транспортно-пусковые контейнеры

С целью защиты от неблагоприятного воздействия окружающей среды и средств поражения ракету помещают в контейнер, который имеет прочный герметичный корпус, позволяющий поддерживать в его внутреннем пространстве необходимые значения температуры и влажности воздуха с помощью специальной системы термостатирования. Контейнеры обеспечивают увеличение срока службы ракет, уменьшают объемы регламентных работ, увеличивают время непрерывного нахождения ракет на ПУ, обеспечивают высокое быстродействие комплексов ракетного оружия. Контейнеры, из которых осуществляется пуск ракеты, получили название пусковых контейнеров. Пусковой контейнер, используемый помимо того и для транспортировки ракеты (например, с завода-изготовителя в район дислокации ракетного комплекса либо при эксплуатации подвижных ПУ), называется транспортно-пусковым контейнером (ТПК). Размещение ракеты в ТПК на всех этапах эксплуатации ракетного комплекса позволяет повысить уровень безопасности проведения технологических операций, поддерживать высокую боевую готовность и обеспечивать необходимое техническое обслуживание в процессе эксплуатации.

В большинстве ракетных комплексов как стационарного (шахтного), так и мобильного наземного базирования используют вертикальный активный старт ракет из ТПК с применением пороховых аккумуляторов давления (ПАД). При активном старте в подракетный герметичный объем контейнера подаются продукты сгорания ПАД, что приводит к повышению давления, действующего на ракету. Давлением пороховых газов ракета разгоняется до требуемой скорости к моменту выхода ее из контейнера. После выхода из контейнера ракета движется над верхним срезом контейнера в свободном полете до некоторой высоты, на которой происходит включение двигательной установки ракеты.

В пусковых установках подвижных грунтовых ракетных комплексов (ПГРК) ТПК с ракетой перед пуском с помощью привода подъема устанавливается в положение для старта. Транспортно-пусковой контейнер имеет ряд особенностей, связанных с условиями эксплуатации и старта ракеты (рис. 1.1). Корпус ТПК выполнен из нескольких секций 1 (см. рис. 1.1), стыкуемых между собой посредством фланцевых соединений 2 с применением высокопрочных болтов. В областях фланцевых соединений секций ТПК, обладающих высокой поперечной жесткостью, размещены опорно-ведущие пояса (ОВП) 3 и обтюрирующий пояс 4, состоящие из нескольких секторов и закрепленные на поверхности ракеты посредством разрывных болтов, с разрушением которых после выхода ракеты из контейнера при старте осуществляется сброс обтюрирующего и опорно-ведущего поясов.

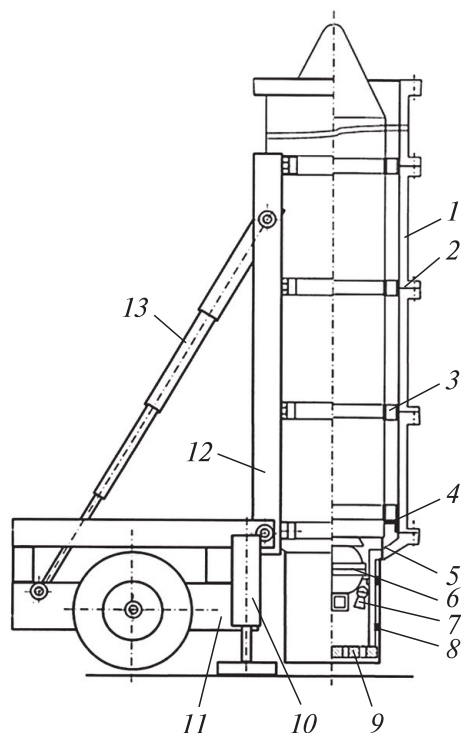


Рис. 1.1. Конструктивная схема ТПК подвижной ПУ ПГРК:

1 — секция корпуса ТПК; 2 — фланцевое соединение секций; 3 — опорно-ведущий пояс (ОВП); 4 — обтюрирующий пояс; 5 — хвостовая секция; 6 — основной ПАД; 7 — вспомогательный ПАД; 8 — откатное днище; 9 — газодинамическая диафрагма; 10 — опора; 11 — рама; 12 — опорно-подъемная стрела; 13 — гидроцилиндр подъема

К цилиндрическому корпусу ТПК к первой его секции присоединена передняя крышка, которая закрывает передний проем контейнера при эксплуатации ПУ и удаляется перед подъемом ТПК в вертикальное положение.

Загрузку ракеты в ТПК осуществляют через задний проем контейнера, после чего к нему пристыковывается хвостовая секция 5. На кронштейнах хвостовой секции закреплен основной ПАД 6. Помимо основного ПАД в конструкции ТПК может применяться и вспомогательный ПАД 7. К хвостовой секции контейнера посредством разрывных болтов закрепляют ракету и откатное днище 8, за счет чего исключается их осевое перемещение относительно корпуса ТПК при динамических нагрузках, возникающих в процессе движения ПУ. Откатное днище служит для опоры ТПК на стартовую площадку с целью уменьшения осевой нагрузки, воспринимаемой ТПК и ПУ при старте ракеты.

В нижней части хвостовой секции ТПК размещена газодинамическая диафрагма 9, служащая для замедления процесса отрыва откатного днища от стартовой площадки под действием внешнего давления после выхода ракеты из контейнера, что необходимо для сохранения его целостности при газодинамическом воздействии на контейнер в момент включения двигателей ракеты.

В режиме подготовки и осуществления старта ракеты ПУ опирается на опоры 10, закрепленные на раме 11 колесного шасси. Установка ТПК, закрепленного на стреле 12, в вертикальное положение обеспечивается телескопическим гидравлическим цилиндром 13.

При подаче команды на старт сбрасывается передняя крышка и с помощью стрелы и привода подъема ТПК переводится в вертикальное положение. После срабатывания пироболтов, связывающих ракету, хвостовой отсек и откатное днище, ракета освобождается от продольного закрепления в ТПК. Далее последовательно срабатывают вспомогательный и основной ПАД, под давлением продуктов горения которых ракета выходит из контейнера, и после набора ракетой требуемой высоты осуществляется включение маршевого двигателя ракеты.

Для обеспечения активного старта ракеты массовый расход газов, генерируемых пороховым зарядом ПАД, должен быть пропорционален скорости движения ракеты в пусковом контейнере при старте и должен изменяться по линейному закону с увеличением его производительности. Требуемую характеристику по производительности газов позволяет получить цилиндрический заряд с системой цилиндрических каналов, по поверхностям которых происходит горение топлива с увеличением диаметров каналов и производительности ПАД.

Содержание

Предисловие	3
1. Краткие теоретические сведения	5
2. Описание специализированной компьютерной программы ...	14
3. Описание лабораторного стенда	19
4. Лабораторная работа № 1	21
5. Лабораторная работа № 2	25
6. Лабораторная работа № 3	28
7. Лабораторная работа № 4	31
Контрольные вопросы для подготовки к защите лабораторных работ	34
Литература	35

Учебное издание

Чугунков Владимир Васильевич

**Моделирование процессов
функционирования оборудования
мобильных пусковых установок**

Редактор *Т.Ю. Пинталь*

Художник *Я.М. Асинкритова*

Корректор *А.С. Агамирова*

Компьютерная графика *О.В. Левашовой*

Компьютерная верстка *Е.В. Жуковой*

Оригинал-макет подготовлен
в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В оформлении использованы шрифты
Студии Артемия Лебедева.

Подписано в печать 30.10.2023. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 2,25. Тираж 58 экз. Изд. № 1335-2023.

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.

105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1.
press@bmstu.ru <https://press.bmstu.ru>

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1.

baumanprint@gmail.com