

УДК 621.814

УНИФИКАЦИЯ И МОДУЛЬНОСТЬ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

© Пономаренко Е.А.

*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»
имени Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

e-mail: ponomarenko.ea@mail.ru

Научный руководитель: Бурунова В.Ю., преподаватель кафедры А1 «Ракетостроение»
*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»
имени Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Ключевые слова: унификация, модульность, модульность и унификация в ракетной технике.

Унификация и модульность – два важных принципа, определяющих эффективность, надежность и экономичность проектирования современных ракет и других летательных аппаратов (ЛА). Применение таких стратегий не только рационализирует этапы разработки и производства, но и значительно ускоряет внесение необходимых изменений и позволяет существенно продлить срок службы изделия, делая его более долговечным и адаптируемым к меняющимся требованиям.

Унификация предполагает использование идентичных или взаимозаменяемых компонентов, узлов, деталей и материалов в различных конструкциях летательных аппаратов, а также стандартизацию процессов производства и испытаний. Цель заключается в сокращении количества разрабатываемых типов элементов, оптимизации производственных затрат и упрощении обслуживания [1–3].

Основные преимущества унификации заключаются в значительном снижении затрат на производство и проектирование, что достигается за счет использования типовых технических решений и компонентов. Применение унифицированных элементов способствует повышению надежности изделий благодаря использованию уже проверенных компонентов и упрощенному обслуживанию.

К числу наиболее показательных примеров применения унификации в ракетной технике можно отнести:

- двигательные установки, такие как семейство двигателей РД-180;
- бортовые системы, включая применение унифицированных электронных блоков, датчиков, бортовых компьютеров и систем связи в различных типах летательных аппаратов;
- стандартизированные элементы конструкции (например, шпангоуты, нервюры, балки), а также материалы (сплавы алюминия, стали, титана);
- стандартные крепежные изделия, такие как винты, гайки, шпильки, заклепки, унифицированные по размеру и материалу.

Вместе с тем внедрение унификации сопряжено с рядом трудностей и ограничений. К ним относятся необходимость компромиссов, поскольку стандартизированные компоненты не всегда могут в полной мере соответствовать специфическим требованиям конкретных проектов, а внесение изменений в такие компоненты зачастую затруднено. Кроме того, первоначальные затраты на разработку унифицированных компонентов могут быть достаточно высокими. Еще одним существенным недостатком является возможная зависимость от ограниченного числа поставщиков стандартизированных компонентов.

Модульность заключается в разделении ЛА на функционально независимые и взаимозаменяемые модули (блоки, отсеки, агрегаты). Каждый модуль выполняет определенную функцию и имеет стандартизированные интерфейсы для взаимодействия с другими модулями. Цель – обеспечить гибкость, масштабируемость и возможность быстрого обновления ЛА.

Модульность обеспечивает высокую гибкость и адаптивность конструкции. Замена отдельных модулей позволяет оперативно изменять функциональность и характеристики летательного аппарата (ЛА) в соответствии с новыми задачами. Изменение размера и возможностей ЛА достигается простым добавлением или удалением модулей. Поскольку разработка и тестирование модулей проводятся независимо, снижается риск возникновения системных сбоев. Быстрая замена дефектного модуля обеспечивает локализацию неисправности и минимизацию времени простоя. Благодаря возможности параллельной разработки модулей значительно ускоряется процесс проектирования и производства. Модули, прошедшие испытания, могут быть повторно использованы в других летательных аппаратах, что снижает затраты и время на разработку новых систем. Наконец, модернизация летательного аппарата без полной замены конструкции становится возможной за счет замены устаревших модулей.

Примерами модульности могут служить такие объекты как:

- ракеты-носители, которые разделены по ступеням, каждая из которых представляет собой автономный модуль, выполняющий свою задачу;
- космические аппараты, которые часто имеют модульную архитектуру, состоящую из служебного модуля, целевого модуля (например, для связи или научных исследований) и адаптеров, соединяющих эти модули [4; 5].

Реализация модульного подхода, несмотря на очевидные преимущества, влечет за собой определенные технические сложности. В первую очередь это разработка унифицированных и надежных интерфейсов, обеспечивающих бесперебойную связь между модулями. Стремление к стандартизации компонентов для повышения взаимозаменяемости может привести к компромиссам в характеристиках, в частности к увеличению массы и габаритов летательного аппарата. Наконец, серьезной проблемой является обеспечение совместимости между модулями, разработанными разными производителями, что требует жестких стандартов и может ограничить выбор поставщиков, создавая зависимость от определенного круга компаний.

Библиографический список

1. ГОСТ 23945.0-80 «Унификация изделий. Основные положения».
2. ЖРД РД-180. – URL: <http://www.lpre.de/energomash/RD-180> (дата обращения: 27.05.2025)/
3. Ноженкова, Л.Ф. Компоненты унификации модели бортовой аппаратуры космического аппарата / К.А. Ноженкова, О.С. Исаева, Е.А. Грузенко, А.И. Белорусов // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 11-2. – С. 284–288.
4. Проектирование ракеты-носителя российской разработки. – URL: <https://topwar.ru/222977-perspektivnye-rakety-nositeli-rossijskoj-razrabotki.html> (дата обращения: 27.05.2025)
5. Унифицированные платформы космических аппаратов зарубежных государств. – URL: <https://www.vesvks.ru/vks/article/unificirovannye-platformy-kosmicheskikh-apparatov-z-16674> (дата обращения: 27.05.2025).