

Методический подход к управлению процессом экспериментальной отработки эксплуатационных характеристик ракетных комплексов стратегического назначения на основе текущей оценки надёжности

77-30569/216010

№ 09, сентябрь 2011

авторы: Истомин В. В., Комаров И. Д., Королев М. Р.

УДК 629.76.017

МГТУ имени Н.Э. Баумана,

НИИ КС имени А.А.Максимова – филиал ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева,

войсковая часть 15644.

istomin.valery@gmail.com

niiks@khrunichev.com

mytus@inbox.ru

Существующая организация процесса экспериментальной отработки в целом позволяет отрабатывать и принимать на вооружение ракетные комплексы с высоким уровнем эксплуатационных характеристик.

Однако на практике реализация процессов экспериментальной отработки эксплуатационных характеристик последних поколений ракетных комплексов существенным образом отличалась от планируемых. Это было обусловлено недостаточным и неритмичным финансированием, приводящим к совмещению этапов отработки и серийного производства, сокращению объемов летных испытаний, постановке ракетных комплексов на боевое дежурство до завершения экспериментальной отработки с неподтвержденными эксплуатационными характеристиками.

По этой причине уровни отработанности [1] ряда эксплуатационных характеристик не соответствовали заданным эксплуатационным характеристикам, и завершение их экспериментальной отработки переносилось на начальный этап эксплуатации ракетных комплексов, что существенно осложняло процесс эксплуатации ракетных комплексов.

В дальнейшем обстоятельство приводило к повышенному количеству отказов и неисправностей, увеличению продолжительности понижений готовности комплекса к боевому применению, снижению уровня («провала») надежности, и в конечном итоге к увеличению количества небоготовых пусковых установок и к снижению эффективности боевого применения группировки ракетных комплексов.

Такая тенденция сохранится и при отработке ракетных комплексов ближайшей перспективы.

В этих условиях необходимо адаптироваться к сложившейся организации процесса экспериментальной отработки ракетных комплексов путем разработки и реализации новых методических подходов к управлению процессом экспериментальной отработки эксплуатационных характеристик, позволяющих учесть и компенсировать выявленные недостатки и повысить эффективность экспериментальной отработки ракетных комплексов в целом.

Наиболее приемлемым для управления процессом экспериментальной отработки эксплуатационных характеристик ракетных комплексов следует считать методический подход, основанный на использовании в ходе экспериментальной отработки количественной оценки показателей надежности ракетных комплексов при выработке управляющих воздействий.

Данный подход основан на установлении аналитической зависимости между основными эксплуатационными характеристиками и показателем эффективности боевого применения группировки ракетных комплексов, который далее в статье выбран в качестве критерия для управления процессом экспериментальной отработки эксплуатационных характеристик ракетных комплексов.

Целью управления процессом экспериментальной отработки ракетных комплексов является принятие таких управленческих решений, которые позволили бы в течение директивного срока, исходя из располагаемых ресурсов, добиться заданных уровней эксплуатационных характеристик.

Математическая модель определения показателя эффективности боевого применения ракетного комплекса может быть представлена в виде вероятности поражения малоразмерной цели [2]

$$W_{\text{ЭО}} = R W_1, \quad (1)$$

где R - обобщенный показатель надежности ракетного комплекса;

W_1 - вероятность поражения малоразмерной цели одной боеголовкой,

$$W_1 = 1 - \exp \left[- \left(R_3^2 \right) \cdot \left(2\sigma_n^2 \right)^{-1} \right]$$

R_3 - радиус зоны поражения одной боеголовкой;

σ_n - среднеквадратическое отклонение точки фактического попадания от расчетной точки попадания.

Составляющие R и W_1 определяются известными методами [2].

Одной из важнейших характеристик, оказывающей существенное влияние на боевую эффективность группировки ракетных комплексов, является обобщенный показатель надежности

$$R_k = R = K_{БД} P(\tau_n) P(\tau_{np}), \quad (2)$$

где $K_{БД}$ - показатель надежности ракетного комплекса в период боевого дежурства;

$P(\tau_n)$ - показатель надежности ракетного комплекса в период подготовки к пуску и пуска ракеты;

$P(\tau_{np})$ - показатель надежности ракетного комплекса в период полета ракеты и головной части;

τ_n - продолжительность периода подготовки к пуску и пуска ракеты;

τ_{np} - продолжительность периода полета ракеты и головной части.

Количественные значения показателя $K_{БД}$ в значительной степени зависят от достигнутых по результатам экспериментальной отработки уровней эксплуатационных характеристик. Состав эксплуатационных характеристик, обрабатываемых в процессе экспериментальной отработки ракетного комплекса и оказывающих наибольшее влияние на показатель $K_{БД}$, (табл.1). Поэтому далее рассмотрим аналитическую взаимосвязь показателя $K_{БД}$ с эксплуатационными характеристиками.

На основе такой связи можно установить рациональные пути управления экспериментальной отработки ракетного комплекса с целью достижения заданных уровней

эксплуатационных характеристик и через выражения (2) и (1) требуемой боевой эффективности ракетного комплекса.

Тогда управление процессом экспериментальной отработки эксплуатационных характеристик ракетных комплексов можно представить в виде основных этапов (рис.1):

1. Определяем объекты, подвергаемые испытаниям в ходе экспериментальной отработки (ракетный комплекс, технический комплекс, средства обслуживания, эксплуатационная документация).

2. Определяем основные задачи, которые должны быть решены в ходе отработки системы эксплуатации.

3. Осуществляем отработку этапов эксплуатации в ходе экспериментальной отработки.

4. Проводим отработку технологических процессов эксплуатации ракетных комплексов плановых и неплановых процессов технического обслуживания;

5. Проводим отработку эксплуатационных характеристик, посредством, которых осуществляется управление экспериментальной отработки ракетных комплексов.

Таблица 1

Состав основных количественных эксплуатационных характеристик, обрабатываемых в процессе экспериментальной отработки ракетного комплекса

Наименование характеристик	Обозначение	Единицы измерений	Влияние на показатели надежности
I. Характеристики плановых штатных режимов технического обслуживания РК			
Периодичность, продолжительность и суммарное число проведения РТО за установленный T_9	$N_{пто}, \tau_{пто},$ $N_{пто}^{\Sigma}$	годы, час, шт.	$K_{БД}$
Периодичность, продолжительность и суммарное число периодических проверок (ДПП) за T_9	$N_{дпп}, \tau_{дпп},$ $N_{дпп}^{\Sigma}$	мес., мин, шт.	$K_{БД}$
Периодичность, продолжительность проведения калибровок акселерометров (К1) и время восстановления готовности	$N_{к1}, \tau_{к1},$ $t_{вк1}$	час, мин., сек.	$K_{БД}, P(\tau_{np})$
Периодичность, продолжительность проведения измерений уходов гироблоков (К2) и время восстановления готовности ПУ	$N_{к2}, \tau_{к2},$ $t_{вк2}$	сут., час, сек.	$K_{БД}, P(\tau_{np})$
II. Характеристики неплановых режимов технического обслуживания РК			
Количество отказов на аппаратуре ракеты и оборудовании ПУ за установленный период боевого дежурства	$m_{ny}^{бд}$	шт.	$P(\tau_n), P(\tau_{np})$
Количество отказов на аппаратуре ракеты и оборудовании ПУ в период предстартовой подготовки, пуска и полета ракеты	m_{ny}^{nn}	шт.	$P(\tau_n), P(\tau_{np})$
Продолжительность восстановления готовности ПУ при устранении отказов, выявленных в период предстартовой подготовки и пуска ракеты	t_v^{nn}	час	$K_{БД}$
Продолжительность восстановления готовности ПУ при устранении отказов, выявленных в период несения дежурства	$t_v^{бд}$	час	$K_{БД}$

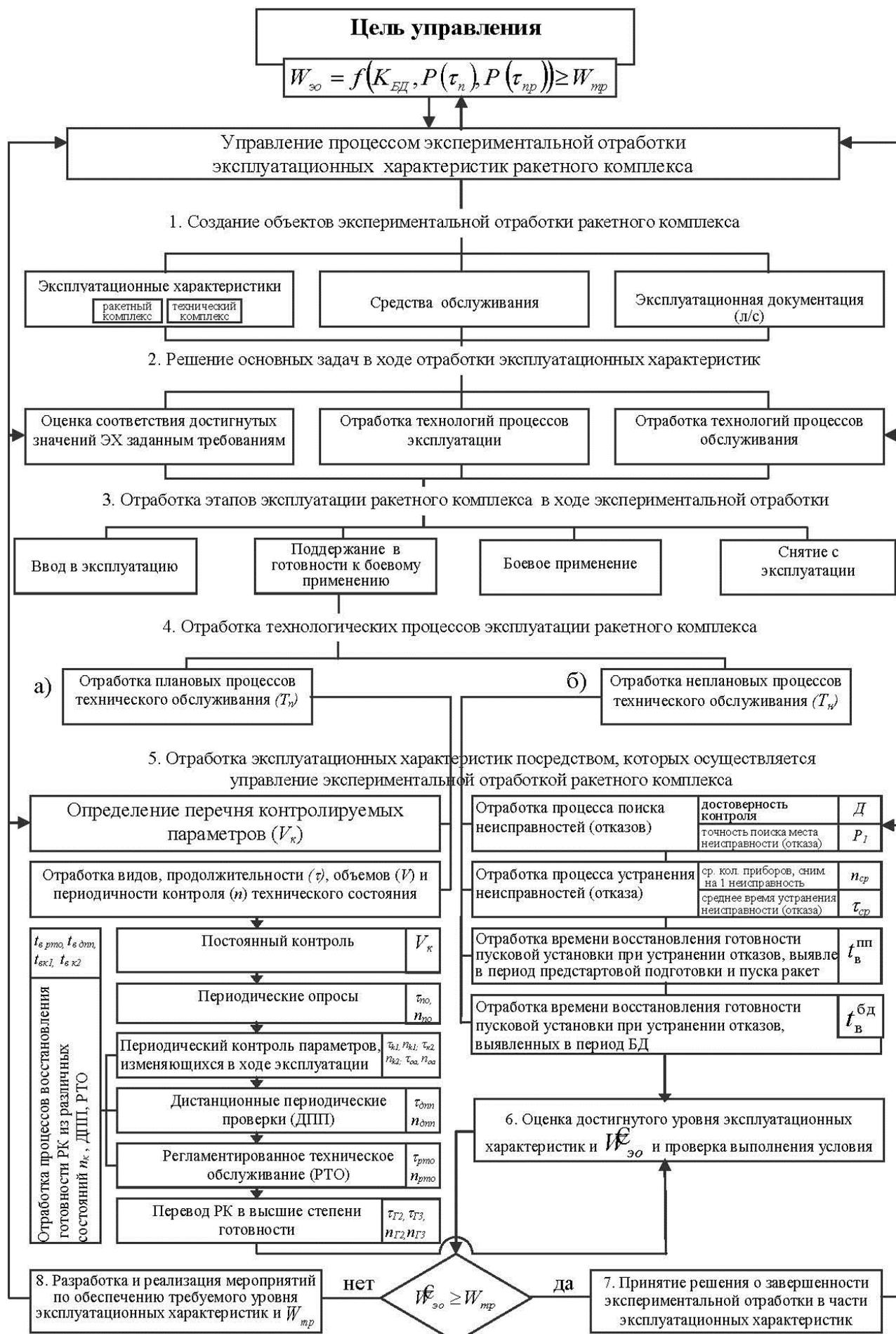


Рис. 1. Алгоритм управления процессом экспериментальной отработки ЭХ РК.

Проводим, с учетом формулы (1) и раскрытия формулы (2), оценку эффективности боевого применения ракетного комплекса по достигнутым результатам, в процессе экспериментальной отработки эксплуатационных характеристик по следующей зависимости

$$\hat{W}_{\text{эо}} = \left[1 - (T_n + T_{\text{н}}) \cdot (T_{\text{э}})^{-1} \right] \left[\prod_{i=1}^{n_n} P_{u_1}(t_k) P_i(\tau_n) \right] \left[\prod_{i=1}^{n_{\text{np}}} P_{u_2}(t_k) P_i(\tau_{\text{np}}) \right] \quad (3)$$

где T_n - период отработки плановых процессов технического обслуживания;

$T_{\text{н}}$ - период отработки неплановых процессов технического обслуживания;

$T_{\text{э}}$ - рассматриваемый период эксплуатации ракетного комплекса;

$P_{u_1}(t_k)$ - вероятность нахождения ракетного комплекса в технически исправном состоянии в момент поступления команды на пуск;

$P_{u_2}(t_k)$ - вероятность нахождения ракетного комплекса в технически исправном состоянии в момент поступления команды на разделение головной части;

t_k - время поступления команды;

i - степень технической готовности ракетного комплекса;

n_n - периодичность нахождения ракетного комплекса в состоянии подготовки к пуску и пуска ракеты;

n_{np} - периодичность нахождения ракетного комплекса в состоянии полета ракеты и головной части.

При этом значение показателя W_1 принимается равным 1.0.

Далее осуществляем проверка выполнения условия

$$\hat{W}_{\text{эо}} \geq W_{\text{тп}}, \quad (4)$$

показателя эффективности боевого применения ракетного комплекса

где $\hat{W}_{\text{эо}}$ - показатель эффективности боевого применения ракетного комплекса, определяемый по результатам экспериментальной отработки,

$W_{\text{тп}}$ - показатель эффективности боевого применения ракетного комплекса, заданный в тактико-технических требованиях Министерства обороны.

Если условие (4) выполняется, то принимаем решение о завершении экспериментальной отработки в части подтверждения заданных уровней эксплуатационных характеристик. Если же это условие не выполняется, то определяем причины невыполнения требований по каждой из эксплуатационных характеристик (см. табл.1) и разрабатываем мероприятия по доведению эксплуатационных характеристик до требуемого уровня, исходя из реализации следующих возможных управляющих воздействий:

изменения перечня контролируемых параметров видов (V_k), продолжительности (τ), объемов (V) и периодичности контроля (n) технического состояния и повторная отработка плановых процессов технического обслуживания;

изменения процессов восстановления боевой готовности ракетных комплексов из различных состояний (постоянный контроль, дистанционные периодические проверки, регламентированное техническое обслуживание и др.);

изменения состава сил и средств технического обслуживания;

изменения видов и периодичности ремонта агрегатов и систем ракетного комплекса;

изменение режимов неплановых процессов технического обслуживания - поиска и устранения неисправностей (отказов); продолжительности и глубины электроиспытаний после устранения неисправности (отказа).

Затем вырабатываем оптимальный план мероприятий, обеспечивающий достижение требуемых значений эксплуатационных характеристик и $\hat{W}_{\text{эо}}$ в целом. Осуществляем реализацию выбранного плана мероприятий по повышению достигнутого уровня эксплуатационных характеристик.

Далее проводим по условию (4) сравнительную оценку эффективности проведенных мероприятий по повышению уровня эксплуатационных характеристик и $\hat{W}_{\text{эо}}$.

Принимаем по результатам оценки эффективности проведенных мероприятий одно из следующих решений:

а) завершение экспериментальной отработки в части эксплуатационных характеристик в случае достижения требуемого уровня $W_{\text{тр}}$;

б) разработка и реализации дополнительных мероприятий по повышению уровня эксплуатационных характеристик, а, следовательно, и $\hat{W}_{\text{эо}}$, и продолжению экспериментальной отработки ракетного комплекса. В последнем случае цикл управления повторяется до получения положительного результата и выполнения условия (4).

В целом, реализация предложенного методического подхода, основанного на использовании в ходе экспериментальной отработки количественной оценки показателей надежности ракетного комплекса при выработке управляющих воздействий по доведению значений эксплуатационных характеристик до требуемого уровня, позволит в условиях реформирования РВСН повысить его эффективность и обеспечить в конечном итоге требуемый уровень его боевого применения.

Список используемой литературы

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 576 с.
2. Крамер Г. Математические методы статистики. М.: Мир, 1975. 648 с.
3. Статистические методы обработки эмпирических данных. М.: Издательство стандартов, 1978. 232 с.

electronic scientific and technical periodical
SCIENCE and EDUCATION

EL № FS 77 - 30569. №0421100025. ISSN 1994-0408
