

УДК 629.7

Оценка экономической эффективности эксплуатации ракетно-космического комплекса

С.Ю. Калинин, А.В. Рождественский, Ю.В. Шленов

Аннотация:

В статье рассмотрены особенности оценки экономической эффективности эксплуатации отдельных систем ракетно-космического комплекса (РКК) и РКК в целом; рассмотрены варианты решений о возможности их эксплуатации; изложена методика экономической оценки возможных решений по эксплуатации систем и установлены критерии для сравнения экономической эффективности решений.

Ключевые слова:

эффективность эксплуатации РКК; экономический экспресс-анализ; показатели и критерии оценки экономической эффективности; варианты развития систем РКК.

Решение о возможности дальнейшей эксплуатации ракетно-космического комплекса (РКК), принимается, как правило, в следующих случаях:

- истечение назначенных показателей ресурса и срока службы оборудования, входящего в комплекс;
- моральное старение оборудования комплекса;
- конструктивное изменение обслуживаемых на наземном комплексе объектов и изделий, вызывающее изменение оборудования, входящего в комплекс.

Такие решения принимаются по каждой системе, функционирующей в составе комплекса. Все варианты решений могут быть разделены на четыре группы:

1. Продолжение эксплуатации системы при условии продления ее ресурса и срока службы.
2. Замена системы на новую, конструктивно аналогичную отслужившей системе.

3. Замена системы на принципиально новую.
4. Замена отдельных элементов системы на принципиально новые.

Эти решения иллюстрируются рисунком 1.

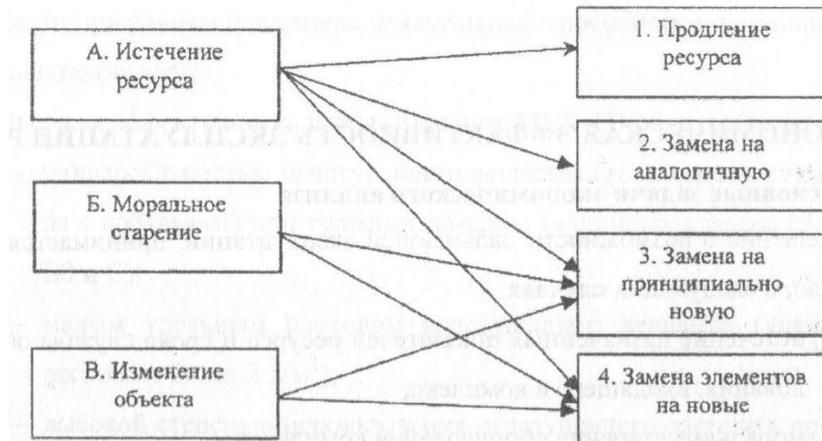


Рисунок 1- Решения о возможности эксплуатации стартового комплекса

Заметим, что только при наличии одного случая — истечения ресурса и срока службы, возможен выбор из всех четырех альтернатив. Вместе с тем, строго говоря, первые два варианта представляют собой «нулевое» в техническом смысле решение, поскольку под развитием системы понимается улучшение ее характеристик. Однако, в экономическом смысле все перечисленные варианты могут стать вариантами развития. Этот вывод подкрепляется следующими соображениями.

Вариант продления ресурса вызывает придание системе улучшенных свойств по ее фактическому ресурсу, приводит к снижению финансовых и временных затрат, обуславливаемых необходимостью продолжения эксплуатации системы. Нетрудно заметить, что в течение некоторого промежутка времени основные экономические показатели (в частности чистая текущая ценность) для такой системы будут иметь более приемлемое значение.

Развитие комплекса по варианту замены системы на аналогичную, также, в ряде случаев, может привести к улучшению экономических (а также и технических) показателей комплекса. Такое улучшение может быть обусловлено наличием более четкой, определенной информации о характере функционирования системы с одной стороны, и опытом эксплуатации системы обслуживающим персоналом — с другой.

Остановимся на основных видах и задачах экономического анализа, проводимого для обоснованного принятия решения о варианте дальнейшей эксплуатации комплекса. Такой

экономический анализ является первым этапом научно-исследовательской работы (НИР), проводимой с целью принятия обоснованного решения по эксплуатации РКК, и называется экспресс-анализом. Экспресс-анализ проводится после анализа технического состояния элементов РКК и основывается на полученных при этом результатах. Целью экспресс-анализа является определение перечня (номенклатуры) затрат, которые необходимо будет понести при реализации рассматриваемого варианта в течение времени планируемой эксплуатации комплекса, а также источника получения данных и меры неопределенности экономических показателей, необходимых для проведения второго (заключительного) этапа экономического анализа.

Если технический анализ приводит к выводу о наличии нескольких альтернативных вариантов развития наземного комплекса, то возникает необходимость оценки экономической целесообразности принятия к рассмотрению альтернативных вариантов. Это обусловлено тем, что проведение экономического анализа, в силу необходимости сбора значительного числа исходных данных, также стоит денег.

Заметим, что при таком анализе сравниваются, как правило, приближенные величины затрат и выгод. При этом не рассчитываются экономические критерии, основанные на теории изменения ценности денег во времени.

Первым шагом экспресс-анализа является оценка экономической целесообразности внедрения технически возможных вариантов. Для этого должно выполняться условие: суммарные затраты на внедрение j -го варианта системы за приемлемое время $t^{\text{доп}}$ не превысят допустимых затрат:

$$\tilde{C}_R^j(t^{\text{доп}}) < C_R^{\text{доп}} \quad (1)$$

На этапе проведения экспресс-анализа возможно получение лишь приближенной оценки затрат на внедрение анализируемого варианта, или получение нечеткого значения стоимости затрат, необходимой при дальнейшем сравнении альтернативных вариантов. Приближенность (нечеткость) оценки обусловлена тем, что без информации, получаемой на основании проектно-сметной документации (технических заданий на ремонтно-восстановительные работы), стоимости необходимого оборудования, стоимость выполнения строительно-монтажных (или ремонтно-восстановительных) работ оценивается ориентировочно.

Вторым шагом экономического экспресс-анализа является определение приближенной оценки удельных затрат на эксплуатацию, сравнение ее с допустимым уровнем эксплуатационных затрат, а также определение времени, в течение которого

возможна эксплуатация анализируемого варианта по критерию допустимости эксплуатационных затрат.

Затраты на эксплуатацию системы в течение i -го года складываются из стоимостей плановых мероприятий $C_{\text{э}}^{\text{П}}(i)$, проведение которых очевидно (штатное применение, обслуживание, профилактика и т.п.), и стоимостей мероприятий $C_{\text{э}}^{\text{П}}(i)$, возникновение которых возможно с некоторой мерой вероятности (устранения отказов). В эксплуатационную стоимость также включается стоимость «страхового» оборудования и запасных частей $C_{\text{э}}^{\text{З}}(i)$, то есть затраты на ликвидацию возможных непредвиденных ситуаций.

Стоимость плановых мероприятий определяется конструкцией системы и, обычно, ее вычисление не представляет значительных трудностей.

Затраты, вызванные возникновением нештатных ситуаций, складываются из произведения вероятностной характеристики такой ситуации на стоимость ее ликвидации за время, не превышающее допустимое, а также из стоимости потерь, вызванных простоем оборудования на интервале времени, превышающем допустимое для восстановления.

$$C_{\text{э}}^{\text{П}}(i) = \sum_{k=1}^K [\omega_k(i) \cdot C_k^{\text{П}}(i) + (1 - P_k^{\text{П}}(t^{\text{П}} \leq t_{\text{доп}}^{\text{П}})) \cdot C_k^{\text{П}}(i)] \quad (2)$$

Вероятностные характеристики вызывающих эти затраты событий, такие как параметр потока отказов $\omega_k(i)$ k -го типа для i -го года, вероятность устранения отказа за допустимое время $P_k^{\text{П}}(t^{\text{П}} \leq t_{\text{доп}}^{\text{П}})$ определяются при проведении технико-эксплуатационного анализа.

Стоимость $C_{\text{э}}^{\text{З}}(i)$ определяется на основании экспертных оценок и носит характер нечеткого числа.

Длительность планируемой эксплуатации T_{γ} варианта по условию допустимости эксплуатационных затрат определяется из соотношения:

$$T_{\gamma} = t, P_t(i) > \gamma, t \in T_L = (t_0, t_L), \quad (3)$$

где γ - значение гамма - процентного уровня прогноза;

$P_t(i) = P(C_{\text{э}}(i) < C_{\text{э}}^{\text{доп}}(i))$ - вероятность не достижения максимально допустимого уровня эксплуатационными годовыми затратами в течение планируемого времени эксплуатации T_L .

В случае принятия варианта развития комплекса к дальнейшему анализу по критериям допустимости затрат на внедрение варианта, приемлемости эксплуатационных затрат и приемлемой по экономическому критерию длительности планируемой эксплуатации возможно принятие решения о проведении дальнейшего экономического анализа на основании оценивания показателей экономической эффективности.

Для этих целей, как правило, разрабатывается эскизный проект анализируемого варианта (или решение о порядке дальнейшей эксплуатации), являющийся источником информации об облике комплекса по выбираемому варианту и основных свойствах его эксплуатации. Эта информация используется для оценивания показателей экономической эффективности.

Для оценивания эффективности все используемые показатели следует свести в две группы:

1. Базовые статические экономические показатели.
2. Динамические показатели экономического сравнения.

К первой группе относятся только показатели, характеризующие выгоды от реализации на практике варианта развития системы и затраты на ее эксплуатацию.

Ко второй группе относятся показатели оценки экономической эффективности вариантов развития систем: чистая текущая ценность N_{pv} , индекс прибыльности P_I , отношение выгод к затратам B/C , внутренняя норма доходности варианта I_{RR} и период окупаемости P_{BP} варианта.

Для определения затрат на реализацию варианта развития наземных составных частей РКК представим общий подход:

$$C_{\Sigma}(i) = \sum_{n=1}^N [C_B^n \cdot \Delta_c^n] \quad (4)$$

$$\Delta_c^n = 0, \text{ если } C^n \text{ невозможны;}$$

$$\Delta_c^n = 1, \text{ если } C^n \text{ предусмотрены;}$$

$$\Delta_c^n = [0 \dots 1], \text{ если } C^n \text{ неопределенно возможны.}$$

Трудность представляют те виды предполагаемых затрат, значение которых обусловлено неопределенностью проявления событий, их вызывающих. В этом случае необходимо воспользоваться вероятностными или нечеткими характеристиками проявления этих событий, получаемыми в ходе технического и эксплуатационного анализа.

Имея стоимостные оценки затрат и выгод, получаемых при реализации варианта развития РКК, можно рассчитать динамические показатели экономического сравнения.

Рассмотрев методы оценивания стоимости затрат и выгод, получаемых в результате реализации варианта развития РКК, а также критерии экономического оценивания эффективности выбора того или иного варианта, перейдем к описанию метода экономического сравнения альтернативных вариантов. Смысл экономического сравнения сводится не к сравнению абсолютной суммарной величины стоимостных потоков за определенный промежуток времени и выбору преобладающего варианта. Принципиальным в данном экономическом анализе является учет изменения ценности денег во времени. Следовательно, необходимо сравнивать главные экономические критерии - чистую текущую ценность N_{PV} ; индекс прибыльности P_I , и отношение выгод к затратам B/C анализируемых вариантов.

Остановимся на специфике в подходах к сравнению альтернативных вариантов. Очевидно, что если по трем ключевым критериям (N_{PV} , I_{RR} и P_I) один вариант превалирует над другими, то выбор здесь очевиден. Если же вариант оказывается предпочтителен по одному экономическому критерию, и уступает альтернативным вариантам по другим критериям, то в этом случае, как принято считать, имеет место конфликт между экономическими критериями. Обычно, в таком случае приходят на помощь технические или эксплуатационные критерии. Тем не менее, такой выход возможен не всегда. Часто оказывается необходимым принятие правильного решения, основанного только на экономическом сравнении альтернативных (взаимоисключающих) вариантов. Такая задача является одной из самых сложных в экономическом анализе. При ранжировании таких вариантов по разным критериям могут возникать противоречия, а, следовательно, и рекомендации могут оказаться различными. Таким образом, конфликты между различными экономическими критериями требуют более подробного рассмотрения.

Например, причинами конфликтов между приведенными выше экономическими критериями могут быть следующие причины:

- несоответствие объемов денежных затрат, необходимых для реализации рассматриваемых взаимоисключающих вариантов развития комплекса;
- несоответствие во времени получения положительных результатов, генерируемых рассматриваемыми взаимоисключающими вариантами.

При этом необходимо подчеркнуть, что для возникновения конфликта между N_{PV} , I_{RR} и P_I при принятии решения о выборе варианта, необходимо иметь два или более взаимоисключающих варианта, так как при рассмотрении единственного варианта традиционной схемой потоков затрат и положительных эффектов все три критерия будут давать сходные результаты.

Таким образом, для разрешения конфликтов между различными экономическими критериями необходимо сделать несколько замечаний.

Рассмотрим пример типового конфликтного экономического сравнения альтернативных вариантов развития сложных технических систем, представленный на рисунке 2.

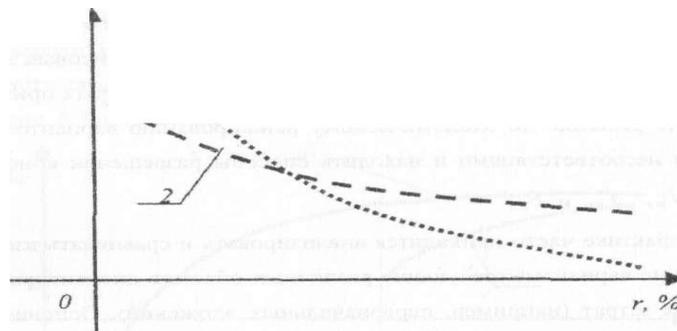


Рисунок 2 - График N_{PV} для взаимоисключающих вариантов

На рисунке 2 графики N_{PV} вариантов 1 и 2 имеют одну точку пересечения; N_{PV} для варианта 1 при малой ставке процента больше, чем N_{PV} для проекта 2, а, следовательно, I_{RR} для второго варианта больше, чем для первого. При таких обстоятельствах возникает конфликт между N_{PV} и I_{RR} , если затраты субъекта хозяйственной деятельности на привлечение финансовых средств меньше, чем та ставка процента, при которой графики N_{PV} пересекаются (пересечение Фишера). Проще говоря, если есть деньги на реализацию рассматриваемых вариантов. При этих же условиях может иметь место конфликт между N_{PV} и P_I , только если существует несоответствие объемов денежных затрат в вариантах 2 и 3, и будет иметь место конфликт между P_I и I_{RR} , только если ранжирования по N_{PV} и P_I совпадают.

Таким образом, при отборе альтернативных проектов критерий чистой текущей ценности N_{PV} служит единственным непротиворечивым показателем, позволяющим

осуществить надежное ранжирование вариантов проекта в соответствии с задачей максимизации выгод от финансовых затрат.

Рассмотрим некоторые практические ситуации, в которых приходится принимать решение по экономическому ранжированию вариантов с различными несоответствиями и находить способы разрешения конфликтов между N_{pv} , I_{RR} и P_I .

На практике часто приходится анализировать и сравнивать взаимоисключающие варианты, требующие различных объемов дисконтированных денежных затрат (например, первоначальных вложений). Основной причиной возможных конфликтов при ранжировании является то, что N_{pv} измеряет абсолютное значение превышения дисконтированных положительных эффектов в денежном эквиваленте над дисконтированными денежными затратами. По этому показателю предпочтение отдается варианту с крупными затратами. Вместе с тем, P_I измеряет относительную прибыльность продисконтированных денежных затрат, I_{RR} - норму доходности первоначальных вложений или ставку дисконтирования, которая уравнивает продисконтированные положительные эффекты и продисконтированные денежные затраты. Оба последних критерия отдают предпочтение небольшим затратам. Сделаем замечание по еще одной важной экономической проблеме сравнение взаимоисключающих вариантов с различными сроками предполагаемой эксплуатации системы.

Очевидно, что в таком случае на первом этапе необходимо сравнивать варианты в условиях равенства сроков эксплуатации альтернатив (при этом обычно используют наименьшее общее кратное их сроков эксплуатации). В дальнейшем удлиняют «короткий» вариант до срока эксплуатации «длинного». На этом этапе возникает вопрос об изменении экономических критериев на продлеваемый период. Строгий экономический анализ предписывает такое продление проводить с учетом затрат на замену использованного варианта на аналогичный. Тогда есть все основания критерии экономического сравнения, за вычетом затрат, оставлять на прежнем уровне (рисунок 3, кривая «А»).

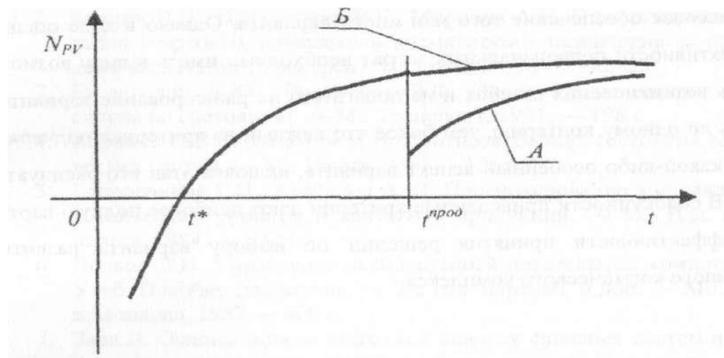


Рисунок 3 - Изменение чистой текущей ценности при продлении ресурса

Однако, учитывая то, что одним из вариантов развития комплекса является эксплуатация его систем на этапе продления назначенного ресурса, что подтверждается современной практикой, то, таким образом, может быть продлен первоначальный срок эксплуатации «короткого» варианта. При этом очевидно, что совокупные экономические критерии на этапе такого продления изменяться пропорционально. Определим коэффициент изменения чистой текущей ценности при эксплуатации системы за пределами назначенного ресурса, при условии неизменной процентной ставки:

$$k_{N_{PV}}^{прод} = \frac{N_{PV}(n+1)}{N_{PV}(n)} = \frac{B_{n+1} - C_{n+1}}{B_n - C_n} \quad (5)$$

Как правило, на рассматриваемом этапе затраты C_{n+1} увеличиваются. В таком случае, кривая для N_{PV} примет вид «Б», как показано на рисунке 3.

Таким образом, полученные расчетно-аналитические отношения позволяют разрешать некоторые возможные конфликты между ранжированием взаимоисключающих вариантов по различным критериям эффективности и минимизировать возможные ошибки при принятии решений на финансовое обеспечение того или иного варианта. Однако, в ходе оценки эффективности первоначальных затрат необходимо иметь в виду возможность возникновения ошибок и не полагаться на ранжирование вариантов лишь по одному критерию, тем более что каждый из критериев подчеркивает какой-либо особенный аспект варианта, включая этап его эксплуатации. В совокупности приведенные критерии дают наиболее полную картину эффективности принятия решений по выбору варианта развития ракетно-космического комплекса.

Библиографический список

1. Мусабаев Т.А., Калинин С.Ю. Системы контроля и эксплуатации ракетно-космических комплексов. – М.: «МАТИ» – РГТУ им. Циолковского, 2002. – 186 с.: илл.

2. Брамин И.В., Прохорович В.Е., Додин И.С. Проблемные вопросы совершенствования эксплуатации стартовых комплексов космического назначения. Известия ВУЗов, Приборостроение, т.43, № 8, 2000 г., с.9-15.

3. Прохорович В.Е. Прогнозирование состояния сложных технических комплексов. СПб.: Наука, 1999. 158 с.

4. Цвиркун А.Д., Акинфеев В.К. Структура многоуровневых и крупномасштабных систем (синтез и планирование развития). М.: Наука, 1993. 160 с.

Сведения об авторах

Калинин Сергей Юрьевич, начальник отдела обеспечения инновационной деятельности ОАО "Российские космические системы", к.т.н., e-mail:rassiec@mail.ru

Рождественский Александр Викторович, профессор Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства, д.э.н., e-mail:info@itbu.ru

Шленов Юрий Викторович, заведующий кафедрой Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства, д.э.н., e-mail:info@itbu.ru