

Р.С. Аносов, кандидат технических наук,
доцент

Д.М. Бывших, кандидат технических
наук, старший научный сотрудник

А.В. Дмитриев, кандидат технических
наук, доцент

Эффективность жизненного цикла техники радиоэлектронной борьбы

Показана актуальность обоснования и практического использования (в рамках формирования системы управления полным жизненным циклом техники) показателей эффективности жизненного цикла образцов техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Предложен методический подход к оценке эффективности полного жизненного цикла техники РЭБ.

В настоящее время в Минобороны России в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 603 проводится работа по созданию системы управления полным жизненным циклом (СУПЖЦ) вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ). Ожидается, что «создание такой системы позволит существенно снизить финансовые и материальные затраты на техническое оснащение Вооруженных Сил и силовых структур страны, а также повысить эффективность системы вооружения» [1].

Несмотря на то, что проблематика управления полным жизненным циклом ВВСТ в Российской Федерации обсуждается экспертным сообществом уже более 10 лет и по данному вопросу имеется ряд нормативных документов¹, приняты необходимые ведомственные решения в рамках Минобороны и Минпромторга, на сегодняшний день работа по созданию СУПЖЦ ВВСТ находится в стадии формирования облика системы, обоснования цели ее функционирования и решаемых задач. Продолжается активное обсуждение проблем формирования СУПЖЦ ВВСТ², включая технику РЭБ [1-6].

В целом можно констатировать, что пока еще отсутствует единое согласованное понимание облика создаваемой СУПЖЦ ВВСТ и принципов ее функционирования всеми субъектами, участвующими в управлении жизненным циклом (ФОИВ, разработчики и изготовители, эксплуатирующие и другие организации). Так в [1] отмечается, что «...несмотря на определенное продвижение, все же нет единого понимания, какой должна быть СУПЖЦ». Такое положение в значительной мере затрудняет разработку и внедрение СУПЖЦ ВВСТ. Наиболее остро проблема проявляется в части техники РЭБ, как наиболее сложной и разнородной техники военного назначения, для создания и функционирования которой необходим постоянный мониторинг в целях обеспечения высокого технического уровня разработок и поддержания высокой боевой эффективности средств РЭБ. Следует отметить, что в настоящее время наметилось отставание отечественных средств РЭБ по реальным боевым возможностям от требуемых, что связано с отставанием отечественных технологий разработки, производства и поддержания в боеготовности от аналогичных технологий противника. При этом цикл обновления радиоэлектронных средств (РЭС) противника значительно короче, чем цикл обновления отечественных средств РЭБ, поэтому техника РЭБ находится в роли

1 ГОСТ Р56135-2004. Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Общие положения – М.: Стандартинформ, 2015; Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» // Российская газета. – 2013. – 12 апреля.

2 Федутин Д.В. Контракты жизненного цикла // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 13 (481).

«догоняющего» по возможностям и ТТХ. В этой связи СУПЖЦ могла бы сыграть крайне положительную роль в повышении оперативности реакции на изменения ТТХ зарубежных РЭС – объектов РЭБ в части быстрой модернизации образцов (обеспечения модернизационной пригодности техники [7]), новых разработок и незамедлительного оснащения войск РЭБ новой техникой.

В настоящее время функции СУПЖЦ реализуются применительно к отдельным стадиям (этам) жизненного цикла (ЖЦ) техники РЭБ, при этом в качестве целей управления, как правило, определяют [3-6, 8]:

- обеспечение реализуемости требований к образцам техники РЭБ по ресурсам (на стадии «Исследования и обоснование разработки»);
- достижение требуемых тактико-технических характеристик образцов техники РЭБ (на стадии «Разработка»);
- обеспечение требуемого уровня качества и готовности образцов техники РЭБ к применению (на стадиях «Производство» и «Эксплуатация»);
- минимизацию стоимости ЖЦ образцов техники РЭБ.

В обобщенном виде целью управления в работах [1-4] считают обоснование оптимальных характеристик ВВСТ (эффективность, надежность, техническая готовность, стоимость полного ЖЦ, сроки разработки и поставки ВВСТ и т. д.), достижение и поддержание заданных значений этих характеристик ВВСТ в ходе ЖЦ. Однако для техники РЭБ, применение которой имеет явно выраженный конфликтный характер, поддержание заданного значения эффективности является проблематичным при постоянно совершенствующихся РЭС противника, помехозащищенность которых повышается.

Для исполнителей мероприятий по реализации ЖЦ (как на уровне отдельных стадий, так и их совокупности) целью управления также полагают повышение эффективности работ, выполняемых в ходе ЖЦ ВВСТ, которая отражается в минимизации затрат на жизненный цикл и обеспечении требуемых показателей эффективности и качества изделий (показателей назначения, эксплуатационных показателей и др.) [4-6].

Цель управления ЖЦ ВВСТ также определяют как достижение максимальной эффективности образцов ВВСТ с учетом ограничений на затраты.

Приведенные примеры показывают, что, несмотря на важность задачи создания СУПЖЦ, общепринятого понимания ее цели не существует. Цель СУПЖЦ дробится на цели управления на отдельных стадиях, цели отдельных субъектов управления. Понятно, что на каждой стадии ЖЦ субъект управления должен вмешиваться в ход ЖЦ с тем, чтобы оптимизировать его параметры. Однако таких параметров большое количество, в итоге понятие управления полным ЖЦ размывается и сводится к констатации сложившейся к настоящему времени практики «управления отдельными стадиями ЖЦ». Кроме этого, повышение эффективности образца или улучшение других параметров на отдельной стадии не означает их улучшение в рамках полного ЖЦ [8].

Также в качестве цели СУПЖЦ многими экспертами предлагается повышение эффективности управления ЖЦ [8], что не снижает неопределенности, так как конечная цель управления остается нераскрытой («управление ради управления»).

Повышение эффективности управления – это промежуточная цель создания СУПЖЦ. Действие любой системы управления в конечном счете должно быть направлено на повышение эффективности функционирования объекта управления. Так, например, повышение качества подсистемы управления комплекса (комплексом) РЭБ преследует не столько цель – повысить качество управления комплексом, сколько – повысить эффективность функционирования самого комплекса. Только последнее можно считать основной целью создания системы управления.

Таким образом, в настоящее время понятие управления (цели управления) полным жизненным циклом ВВСТ не определено. Имеющиеся понятия либо отражают частные цели управления на отдельных стадиях ЖЦ (что не имеет отношения к создаваемой СУПЖЦ), либо являются настолько абстрактными, что не позволяют перейти непосредственно к формированию конкретной организационно-технической структуры, реализующей эти цели. Сложившаяся ситуация, на наш взгляд, является существенным фактором сдерживания разработки и внедрения СУПЖЦ ВВСТ. Применительно к технике РЭБ эта проблема обостряется из-за сложности техники, многообразия решаемых ею задач и эффектов от их решения.

Целью управления традиционно считается приведение управляемого объекта, его параметров и характеристик, от имеющегося уровня к требуемому [8]. В рассматриваемом случае «управляемым объектом» является эффективность ЖЦ образца техники РЭБ (его инфраструктуры), а управляемыми параметрами – характеристики, определяющие эффективность жизненного цикла, например, сроки мероприятий на стадиях ЖЦ и их этапах, выделяемые ресурсы, объемы поставок, число капитально ремонтируемых и модернизируемых изделий, порядок компенсации снижения эффективности образцов из-за повышения помехозащищенности объектов РЭБ, сроки модернизации и ремонта, мероприятия по минимизации затрат на закупки предметов снабжения и т. п.

Применительно к ВВСТ понятие «эффективность ЖЦ» в настоящее время не используется, однако в гражданской сфере оно применяется и обозначает совокупный экономический эффект (чистую прибыль), полученный от реализации продукции за время от зарождения идеи продукта до снятия его с производства [6, 8]. При этом суммарная чистая прибыль является индикатором эффективности полного ЖЦ образца – если рост прибыли замедляется или вовсе начинается ее снижение, это сигнал для формирования управляющих воздействий (модернизация, расширение рынка сбыта, замена и т. п.).

С учетом этого, предлагается в качестве основной цели создания СУПЖЦ техники РЭБ считать не частные цели и не повышение эффективности управления процессами ЖЦ техники РЭБ, а повышение эффективности самого ЖЦ.

Чтобы определить понятие «эффективность жизненного цикла изделия ВВСТ», рассмотрим основные факторы, которые ее определяют. Первый и самый важный фактор – обеспечение эффективности изделия не ниже требуемой в течение всего ЖЦ. Действительно, в случае невыполнения этого условия любые другие факторы становятся малозначимыми. Другими факторами являются – стоимость жизненного цикла, длительность жизненного цикла и доля времени, когда образец может выполнять задачи (применяться) по прямому назначению. Последнее напрямую обусловлено оперативностью проведения обслуживания и ремонта изделия, в том числе связанной с логистикой, уровнем унификации, ремонтпригодности и другими параметрами.

Удлинение ЖЦ является, скорее всего, необходимым условием. Однако это приводит к росту стоимости ЖЦ при моральном и физическом старении образца. Поэтому следует стремиться к сдерживанию роста стоимости ЖЦ при его удлинении за счет повышения модернизационного потенциала и ремонтпригодности образца.

Первоочередной задачей в рамках создания СУПЖЦ должно быть определение эффективности ЖЦ (как объекта управления) в виде функции от указанных выше параметров. Решение этой задачи позволит, в свою очередь, предметно говорить о постановке и решении задачи обоснования состава, структуры, функций и общих требований к системе управления полным жизненным циклом образцов техники РЭБ (как средству повышения эффективности жизненного цикла изделий).

Рассмотрим ЖЦ образца техники РЭБ более подробно (рисунок 1). На рисунке 1 введены следующие обозначения: Эб – эффект применения образца (боевая эффективность), З – затраты.

Эффективность и затраты на образец различны на разных этапах ЖЦ и могут зависеть не только от упомянутых ранее факторов, но и от внешних условий, например, от номенклатуры совместно применяемых средств РЭБ и инфраструктуры, что отражается на рисунке 1.

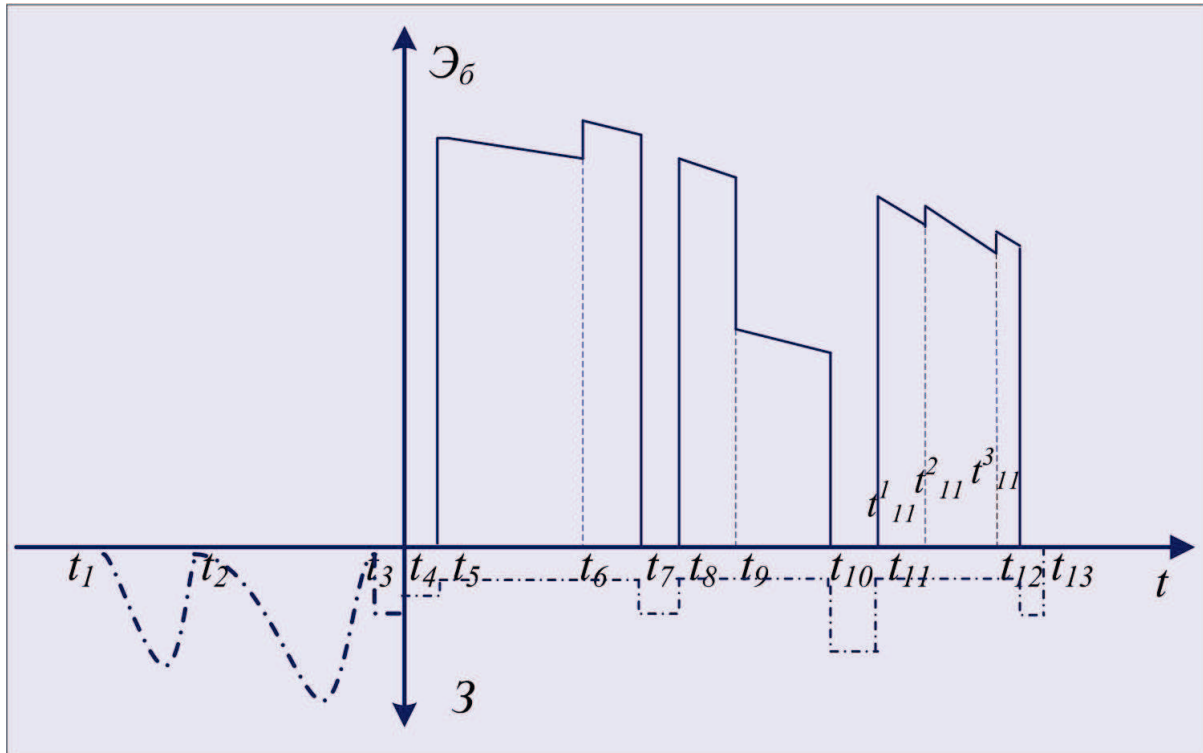


Рисунок 1 – Жизненный цикл образца (пример)

В общем случае в ЖЦ образца можно выделить периоды:

1) $(t_1 - t_2)$ – проведение НИР (на рисунке затраты показаны в пересчете на изделие). На этой стадии управление осуществляется объемами выделяемых ассигнований, сроками проведения, сопровождением работы и контролем результатов поэтапно в соответствии с ТТЗ. На этом этапе закладываются основные свойства будущего образца, его основные ТТХ, выполняемые задачи РЭБ, способы применения. Обосновываются применяемые научно-технические и технологические достижения. Увеличивая затраты на НИР, повышается уровень научно-технической проработки образца, что может снизить затраты на последующей стадии на эскизное и техническое проектирование. Обоснование применимости в образце новых научно-технических и технологических достижений может обеспечить как повышение надежности, так и более длительный период требуемой эффективности;

2) $(t_2 - t_3)$ – проведение ОКР (затраты в пересчете на изделие). На этой стадии управление осуществляется объемами выделяемых ассигнований, сроками проведения ОКР, в том числе и этапов ОКР, исполнителями, в т.ч. по кооперации. На этой стадии, кроме того, что реализуются ТТХ образца, обеспечивается его модернизационная пригодность, ремонтпригодность, некоторый уровень унификации и надежности. Варьируя выделяемые ассигнования на ОКР и их распределение по этапам, возможно управление вышеперечисленными свойствами образца, что в последующем может обеспечить более длительный срок эксплуатации и меньшие длительности и число ремонтов;

3) $(t_3 - t_4)$ – серийное производство. Дополнительное выделение ассигнований на применение передовых производственных технологий и оборудование, контроль качества, использование высоконадежных комплектующих повышает надежность изделия с соответствующим снижением необходимости в ремонте изделий. При внедряемом подходе «ремонт по техническому состоянию» [9] это может дать значительный эффект по снижению затрат на капитальный ремонт. При обеспечении высокого уровня унификации образца на предыдущей стадии и при эффективно функционирующей системе каталогизации предметов снабжения (снижение стоимости комплектующих) возможно значительное снижение стоимости изделия;

4) $(t_4 - t_5)$ – постановка на вооружение, пуско-наладочные работы. Затраты на пуско-наладочные работы в значительной мере будут зависеть от уровня автоматизации и качества сборки изделия, которые заложены на стадиях ОКР и производства;

5) $(t_5 - t_6)$ – эксплуатация образца. Наиболее ресурсоемкая стадия ЖЦ. Снижение затрат на этой стадии возможно за счет повышения надежности и ремонтпригодности образцов, каталогизации предметов снабжения и комплексной логистики, унификации изделий;

6) $(t_6 - t_7)$ – использование образца совместно с новой информационно-управляющей системой. Повышение эффективности за счет применения совместно с соответствующей информационно-управляющей системой (ИУС). Здесь цель управления состоит в обеспечении соответствия периода эксплуатации образца и периода эксплуатации ИУС и возможности технической и информационной сопряженности образца с ИУС. Возможны и другие варианты совместного использования образца с другим в комплекте. Например, если два образца совместно перекрывают рабочий диапазон подавляемого РЭС противника, в то время как по отдельности они не могут обеспечить перекрытие этого диапазона;

7) $(t_7 - t_8)$ – проведение капитального ремонта. Затраты напрямую зависят от уровней ремонтпригодности и унификации, заложенных на предыдущих стадиях. Также количество ремонтов зависит от надежности образца;

8) $(t_8 - t_9)$ – эксплуатация образца;

9) t_9 – постановка на вооружение РЭС противника с повышенной помехозащищенностью или замена на другие РЭС, подавление которых рассматриваемым средством РЭБ малоэффективно или невозможно. В этом случае роль СУПЖЦ образца состоит в обеспечении оперативной реакции и проведении модернизации образца или, если модернизация невозможна (нецелесообразна), – замене образца. Возможность модернизации закладывается на стадиях НИОКР;

10) $(t_9 - t_{10})$ – эксплуатация образца;

11) $(t_{10} - t_{11})$ – модернизация образца. В случае системы (комплекса) РЭБ возможна модернизация входящих в ее состав средств (изделий) в различное время. На рисунке начало модернизации средств обозначено как t_{11}^1 , t_{11}^2 , t_{11}^3 для случая, когда модернизируются три средства. Моменты начала модернизации средств также можно рассматривать как управляемые параметры. Эффективность рассматривается для системы РЭБ в целом;

12) $(t_{11} - t_{12})$ – эксплуатация образца;

13) $(t_{12} - t_{13})$ – утилизация образца.

Кроме того, сбор статистической информации по срокам, затратам, количеству работ на ЖЦ и обработка этой информации позволит уточнить методическую базу по прогнозированию затрат, что позволит повысить качество обоснования предложений по созданию новых образцов.

Интегральный эффект в ходе ЖЦ может быть представлен как:

$$\mathcal{E}_6^u = \int_{t_5}^{t_{13}} \mathcal{E}_6(t) dt, \quad (1)$$

где: \mathcal{E}_6^u – интегральная эффективность образца – виртуальное снижение потерь за счет применения образца в возможных операциях (боевых действиях) на определенном стратегическом направлении в сложившихся условиях применения в рассматриваемом интервале (t_5, t_{13}) , когда образец состоит на вооружении;

$\mathcal{E}_6(t)$ – эффективность образца (снижение потерь за счет применения рассматриваемого образца) в момент времени t .

Полные затраты на образец:

$$\mathcal{Z}^n = \frac{1}{n} \int_{t_1}^{t_3} \mathcal{Z}(t) dt + \int_{t_3}^{t_{13}} \mathcal{Z}(t) dt, \quad (2)$$

где n – объем серии.

Одним из традиционных подходов к определению эффективности техники РЭБ является отнесение эффекта применения к затратам на достижение этого эффекта, например, как это показано в работе [10]. С учетом этого предлагается следующая функция эффективности полного жизненного цикла техники РЭБ, отражающая интегральный эффект использования образца техники РЭБ или их совокупности в течение полного жизненного цикла, соответствующая определению¹:

$$\mathcal{E}^{жц} = \frac{\int_{t_5}^{t_{13}} \mathcal{E}_6(t) dt}{\frac{1}{n} \int_{t_1}^{t_3} \mathcal{Z}(t) dt + \int_{t_3}^{t_{13}} \mathcal{Z}(t) dt}, \quad (3)$$

Выражение (3) непосредственно не отражает воздействие СУПЖЦ, однако качество СУПЖЦ сказывается на эффекте и затратах, входящих в (3), так что эффективность СУПЖЦ (которая определяется тем, насколько верно по объемам и срокам финансирования реализованы мероприятия ЖЦ образца) фактически определяет эффективность ЖЦ.

Особенностью техники РЭБ является то, что в качестве показателя эффективности образца может использоваться снижение стоимости выполнения боевой задачи за счет применения образца или снижение потерь группировки за счет применения образца. При выражении выбранного показателя в стоимостном виде эффективность жизненного цикла является безразмерной величиной. Критерием эффективности жизненного цикла является:

$$\mathcal{E}^{жц} \geq \mathcal{E}_{порог}^{жц}, \quad (4)$$

где $\mathcal{E}_{порог}^{жц}$ – некоторое пороговое значение ($\mathcal{E}_{порог}^{жц} \geq 1$), устанавливаемое с учетом возможных погрешностей исходной информации, используемой при расчете $\mathcal{E}^{жц}$.

Применительно к отдельному образцу можно говорить, что оптимальной будет СУПЖЦ, максимизирующая (3). Анализ задачи максимизации $\mathcal{E}^{жц}$ показывает, что она представляет собой сложную нелинейную задачу математического программирования, для решения которой нет достаточно разработанных, общепринятых методов. Это обусловлено, как уже упоминалось, сложной зависимостью затрат на этапе ЖЦ, которые во многом определяются финансированием на предыдущих этапах и рядом других факторов. Например, дополнительное инвестирование в обеспечение таких особых свойств образца техники РЭБ, как модернизационная пригодность и

1 Жариков В.В., Теплякова М.С., Лоскутова Е.С., Истомин М.А., Кузнецов Д.О. Экономико-математическая модель оценки эффективности жизненного цикла (изделий, продуктов, товаров, технологий и инноваций) / <http://pandia.ru/text/77/211/89503.php> (дата обращения: 12.04.2016).

ремонтпригодность в ходе его создания, позволяет получить экономическую выгоду за счет значительного снижения стоимости работ по модернизации и ремонту образца впоследствии.

Тем не менее, качественный анализ обобщенного ЖЦ образца (рисунок 1) позволяет сделать вывод о том, что достижение цели СУПЖЦ возможно путем рационального распределения затрат на стадиях ЖЦ. При этом для наибольшего экономического эффекта управления ЖЦ, в первую очередь, должны финансироваться мероприятия, обеспечивающие:

- создание образцов с особыми свойствами: высокой модернизационной пригодностью и ремонтпригодностью, что позволило бы оперативно реагировать на изменение номенклатуры и ТТХ РЭС противника – объектов РЭБ (уменьшить период $(t_9 - t_{11})$ – рисунок 1) и минимизировать сроки и затраты на капитальный ремонт (уменьшить период $(t_7 - t_8)$) и ремонты других видов;
- совместимость новых образцов с находящимися на вооружении и перспективными при поэтапном перевооружении войск РЭБ (увеличение периода $(t_6 - t_7)$), т.е. необходимо учитывать условия использования образца в комплекте техники РЭБ определенного (обоснованно оптимального) состава. Это подразумевает реализацию оптимальных сроков этапов ЖЦ образцов, ранее обоснованных в процессе программного планирования развития РЭБ и сроков оснащения войск РЭБ новой техникой;
- высокий уровень унификации образцов. Это позволит в значительной мере сократить типаж образцов техники РЭБ, уменьшить количество необходимых комплектующих при создании и эксплуатации образцов (снижение затрат Z в период $(t_5 - t_{12})$);
- каталогизацию изделий техники РЭБ в интересах унификации и логистической поддержки эксплуатируемой техники РЭБ и минимизации затрат и сроков поставок комплектующих (снижение затрат Z в период $(t_2 - t_{12})$).

Таким образом, рассмотрено содержание понятия «эффективность жизненного цикла образца техники РЭБ» и предложен методический подход к ее определению, что позволило не только количественно оценивать эту эффективность, но и выработать основные общие рекомендации по мероприятиям, реализующим СУПЖЦ техники РЭБ.

Список использованных источников

1. Буренок В.М. Проблемы создания системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники // Вооружение и экономика. – 2014. – № 2 (27). – С. 4-9.
2. Дутов А.В., Кузнецов Л.В. Методология управления жизненным циклом сложных систем // Радиоэлектронные технологии. – 2015. – № 1.
3. Маевский Ю.И., Гриб В.Н. Научно-технические проблемы обеспечения жизненного цикла техники РЭБ // Радиоэлектронные технологии. – 2015. – № 1.
4. Баринов С.П., Рыков А.В., Акиншин Б.М. Проблемные вопросы обеспечения жизненного цикла авиационной техники РЭБ // Радиоэлектронные технологии. – 2015. – № 4.
5. Маевский Ю.И. Пути реализации единой научно-технической политики при создании техники РЭБ // Радиоэлектронная борьба в Вооруженных Силах Российской Федерации. Тематический сборник. – М., 2015.
6. Садовская Т.Г., Чернышова Т.Н. Системы управления жизненным циклом изделий и возможности их применения в отрасли энергетики // Аудит и финансовый анализ. – 2010. – № 6. – С. 1-14.
7. Бывших Д.М., Дмитриев А.В., Жуков А.М. Экономико-математические модели оценки военно-экономической целесообразности создания образцов техники радиоэлектронной борьбы

с высокой модернизационной пригодностью // Вооружение и экономика. – 2013. – № 2. – С. 80-90.

8. Орлов А.И. Менеджмент: Учебник. – М.: Изумруд, 2003. – 298 с.

9. Луценко А.Д., Божков А.Ю. Применение стратегий выхода изделий техники РЭБ в капитальный ремонт по «техническому состоянию» и «нормам расхода ресурса» при обосновании предложений в государственный оборонный заказ в части капитального ремонта техники РЭБ // Вооружение и экономика. – 2015. – № 1. – С. 12-35.

10. Цветков А.Н. Менеджмент. – СПб.: Питер, 2009. – 176 с.