

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГОРЮЧЕГО

В.Н. Зайченко<sup>1</sup>, И.В. Храпов<sup>2</sup>

*Северо-Кавказский военный округ (1);*

*Аналитический центр экономического развития ТГТУ (2)*

*Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым*

**Ключевые слова и фразы:** жизненный цикл; издержки; модель жизненного цикла; полная стоимость владения; критерий эффективности.

**Аннотация:** Предложено определение эффективности эксплуатации баз углеводородного горючего на основе полной стоимости владения, введена модель жизненного цикла, детализированы издержки по этапам жизненного цикла баз углеводородного горючего, сформулирована задача оптимизации эксплуатации базы углеводородного горючего по предложенному критерию.

---

Базы углеводородного горючего (БУГ), имеющие федеральный или региональный статус, являются сложными и дорогостоящими организационно-технологическими системами [2 – 4]. На их создание затрачиваются огромные материальные, временные и трудовые ресурсы. Их успешная эксплуатация в современных экономических условиях требует формирования и осуществления эффективного менеджмента [5, 6], причем в составе основных критериев должны рассматриваться экономические показатели и в случаях, когда база является бюджетной и обеспечивает государственные структуры.

При эксплуатации БУГ тоже требуются немалые средства. При нарастании износа БУГ затраты, связанные с ее эксплуатацией, возрастают со временем, что делает ее использование в целом или тех или иных ее компонентов неэффективным. Поэтому необходимо иметь в виду определенный срок, в течение которого БУГ должна быть эффективной.

Обеспечение эффективного менеджмента БУГ в условиях, когда в системе постоянно будет что-то изменяться, – непростая задача; она разрешима при применении *системного подхода* на основе той или иной модели *жизненного цикла (ЖЦ)* системы [1, 5, 7]. В литературе по системному анализу приняты следующие укрупненные *этапы* жизненного цикла (*ЭЖЦ*): *System Planning, System Analysis, System Design, System Implementation, System Support*. На каждом из этапов требуются определенные *затраты* или *издержки*.

В состав БУГ входят различные виды обеспечения (техническое, технологическое, организационное, правовое, методическое, эргономическое, информационное, программное, коммуникационное, математическое, и т.д.). Все ее компоненты проходят некоторый ЖЦ. Система в целом тоже проходит все типовые ЭЖЦ: *создание (Planning, Analysis, Design), внедрение (Implementation), использование и поддержка (Support)*.

Ниже приводится вариант модели ЖЦ БУГ (рис. 1), используемый в [5]. Для того, чтобы система успешно существовала, необходимы специальные обеспечивающие средства на всех этапах ее ЖЦ. На рис. 1 выделена прежде всего собст-

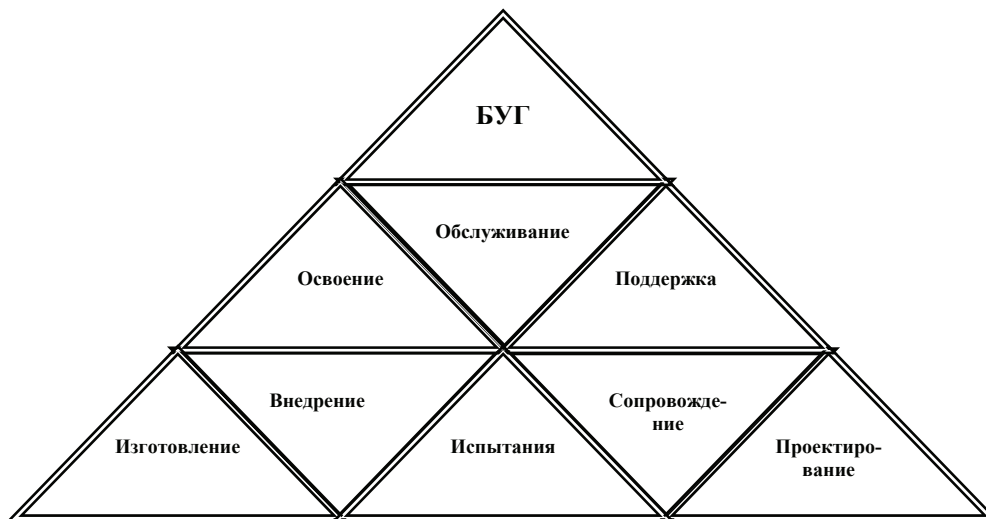


Рис. 1. Совокупность системы и комплекса обеспечивающих средств

венно БУГ, причем видом рисунка подчеркнуто, что этот элемент – система в целом или ее компонент – представляет собой вершину айсберга, то есть незначительную часть средств, сил и работ, необходимых для того, чтобы нужная система была создана и была эффективна в соответствии с ее целью.

Этот элемент схемы отражает издержки, связанные с *амортизацией* БУГ. Эта составляющая издержек прямо зависит от балансовой стоимости БУГ и может быть значительной: стоимость масштабных баз и складов исчисляется сотнями тысяч и даже миллионами долларов. Совместно с БУГ должны формироваться средства, обеспечивающие ее текущее *обслуживание*, то есть поддержание ее в работоспособном состоянии.

Издержки на *испытания* как БУГ в целом, так и ее отдельных компонентов могут выражаться значительными суммами. Создание БУГ в целом или ее элемента в качестве начального этапа включает *проектирование* или *инжиниринг* (при модернизации – *реинжиниринг*). В свою очередь, началом этого этапа является *консалтинг*, который осуществляет формирование варианта системы по ее составу; обычно этот этап выполняется на конкурсной основе и требует значительных издержек в форме *капиталовложений*. Основа обеспечивающих средств этого этапа – *система автоматизации проектирования (САПР)* и так называемые CASE-средства (*Computer Aided Systems Engineering*), которые обеспечивают разработку системы в ее полном составе, т.е. входящие в нее виды обеспечения (организационное, методическое, технологическое и т.д.).

Средства *сопровождения* создаются разработчиком для авторского сопровождения объекта. В простейшем своем виде это может быть перечень типовых ситуаций с набором типовых решений или так называемая *горячая линия*.

*Изготовление* представляет собой капитальное строительство объектов БУГ – резервуаров, эстакад, подъездных путей и т.д. – и формирование инфраструктуры, обеспечивающей ее эксплуатацию. На этом этапе имеют место значительные издержки в форме основных *капиталовложений* в соответствии с принятым ее проектом и спецификациями.

*Внедрение* системы представляет собой сдачу-приемку объектов БУГ в реальных условиях, завершается внедрение подписанием двухстороннего акта сдачи-приемки. С этого момента начинается ее плановое использование, она должна отвечать своему назначению, что оценивается объемом выполняемых в системе работ или по ее производительности  $Q_{\text{факт}}(t)$ ; проектная или желаемая величина производительности  $Q_{\text{проект}}$  определяется на этапе консалтинга.

БУГ, как и любое изделие, только что принятое в эксплуатацию, должна пройти *освоение* в условиях применения, которое включает средства обучения персонала и информационное обслуживание. Результатом этого этапа будут соответствующие *представления, знания, умения и навыки* специалистов, которые обеспечивают рост производительности от начального значения  $Q_n$  до достижения равенства  $Q_{\text{факт}}(t) = Q_{\text{проект}}$ . В масштабных проектах время освоения  $T_{\text{осв}}$  может быть продолжительным. При достижении равенства  $Q_{\text{факт}}(t) = Q_{\text{проект}}$ , то есть с момента  $T_{\text{гот}}$ , БУГ считается готовой полностью.

Средства *поддержки* в некотором роде являются продолжением сопровождения. При сдаче создаваемой системы в эксплуатацию они включают набор средств для проведения опытной эксплуатации и организационно-технической подготовки мероприятий. Во время эксплуатации эти средства используются для внесения изменений, устранения ошибок и расширения возможностей, а также при подготовке модернизации.

Авторское сопровождение и поддержка приносят издержки после истечения срока действия гарантийных обязательств поставщиков  $T_{\text{гар}}$ , если таковые имели место. При поставке сложных систем гарантийные обязательства составляют обычно предмет специального соглашения.

Предложенная системная модель ЖЦ системы совместно со средствами ее обеспечения по этапам позволяет определять издержки на создание и применение этой комплексной инфрасреды и управлять издержками. Так, на основании такой модели может постоянно вычисляться весьма важный экономический критерий эффективности – *полная цена владения (Total Cost of Ownership – TCO)*; в простейшем случае она определяется по формуле

$$C_{\text{TCO}} = \sum_{k=1}^9 c_k, \quad (1)$$

где  $c_k$  – издержки на  $k$ -ю статью из девяти введенных в схеме рис. 1 составляющих, где одна из статей – издержки собственно на систему (ее амортизация).

Для менеджмента БУГ не все составляющие издержек могут быть вполне равнозначными. Например, внутренние издержки, то есть средства, затрачиваемые внутри организации, могут быть предпочтительнее оплаты работ по договорам с внешними партнерами по тем или иным услугам: обслуживанию, сопровождению, испытаниям и т.д. Предлагаемая модель позволяет в явной форме учесть при расчете TCO как значимость той или иной статьи издержек, так и изменение составляющих издержек со временем, то есть взвешенную сумму издержек  $C_{\text{TCO}_{\text{взв}}}$ , что отражает следующая формула

$$C_{\text{TCO}_{\text{взв}}} = \sum_{k=1}^9 \lambda_k(t) c_k(t), \quad (2)$$

где  $\lambda_k$  – весовой коэффициент, отражающий значимость  $k$ -й составляющей издержек по предложенной модели.

Модель TCO в виде (1) или (2) позволяет организовать корректный учет реальных издержек по всем составляющим для всех  $r$  компонентов, входящих в состав БУГ, а также ставить и решать задачи оптимального управления издержками, планирования издержек, формулирования критериев эффективности использования ресурсов как системы в целом, так и ее элементов (подсистем), а также и других составляющих ресурсов организации.

Таким образом, на основании представленной модели можно определить совокупные затраты на создание и использование БУГ  $C_{\text{TCO}}$  на всех ЭЖЦ. Если в

составе системы присутствует  $r$  компонентов, то для этих условий на основании (1) можно записать следующее выражение

$$C_{\text{TCO}} = \sum_{\forall r} \left( \sum_{k=1}^9 c_k \right)_r, \quad (3)$$

где символ  $\forall r$  обозначает суммирование затрат по всем возможным в данном варианте  $r$  компонентам БУГ. В этих условиях выражение (2) примет вид

$$C_{\text{TCO}} = \sum_{\forall r} \left( \sum_{k=1}^9 \lambda_k(t) c_k \right)_r \rho_r, \quad (4)$$

где  $\lambda_k$ ,  $\rho_r$  – соответствующие весовые коэффициенты, определяющие значимость тех или иных затрат.

Как видно из анализа, текущие издержки по каждой из составляющих являются, как правило, переменными, поэтому каждое слагаемое  $c_k$  ( $k = 1, \dots, 9$ ) в (1) определяется суммированием (интегрированием) текущих издержек  $\delta c_k(t)$  на всем интервале времени работы системы в целом или рассматриваемого ее компонента  $[t_0, T_{\text{дегр}}]$ , то есть

$$c_k = \int_{t_0}^{T_{\text{дегр}}} \delta c_k(t) dt, \quad (5)$$

тогда выражение (3) для полной цены владения  $C_{\text{TCO}}$  примет вид

$$C_{\text{TCO}} = \sum_{\forall r} \left( \sum_{k=1}^9 \int_{t_0}^{T_{\text{дегр}}} \delta c_k(t) dt \right)_r. \quad (6)$$

Поскольку операции суммирования и интегрирования можно менять местами, то после этого выражение (6) примет следующий вид

$$C_{\text{TCO}} = \int_{t_0}^{T_{\text{дегр}}} \sum_{\forall r} \left( \sum_{k=1}^9 \delta c_k(t) dt \right)_r = \int_{t_0}^{T_{\text{дегр}}} \delta C_{\text{TCO}}(t) dt. \quad (7)$$

Здесь, очевидно,

$$\delta C_{\text{TCO}}(t) = \sum_{\forall r} \left( \sum_{k=1}^9 \delta c_k(t) dt \right)_r \quad (8)$$

– полные текущие издержки, необходимые для всех компонентов системы на всех стадиях ее или их ЖЦ. При этом в реальной практике управления может иметь место также ограничение возможных или допустимых текущих издержек организации вида

$$\left\{ \sum_{\forall r} \left[ \sum_{k=1}^9 \delta c_k(t) \right]_k \right\} < \delta C_{\text{TCO доп}}(t), \quad (9)$$

или, соответственно, вида

$$\left\{ \sum_{\forall r} \left[ \sum_{k=1}^9 \lambda_k \delta c_k(t) \right]_k \rho_r \right\} < \delta C_{\text{TСO доп}}(t), \quad (10)$$

отражающие реальные текущие возможности организации в области финансирования проектов на каждом из этапов их жизненного цикла.

При постановке задачи управления издержками необходимо детальное их описание и распределение по ЭЖЦ; при этом можно ввести следующие укрупненные группы издержек по аналогии с [7]:  $C_{\text{TСO кв}}$  (*System Planning, System Analysis, System Design*);  $C_{\text{TСO гот}}$  (*System Implementation*);  $C_{\text{TСO экспл}}$  (*System Support*); каждая группа включает все соответствующие издержки, относящиеся ко всем рассматриваемым  $r$  компонентам БУГ. Тогда целью управления будет

$$C_{\text{TСO}} = C_{\text{TСO кв}} + C_{\text{TСO гот}} + C_{\text{TСO экспл}} \rightarrow \min, \quad (11)$$

где с учетом введенных выше обозначений составляющие можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} & C_{\text{TСO кв}}; \\ C_{\text{TСO гот}} = & \int_{t_0}^{T_{\text{гот}}} [\delta C_{\text{аморт}}(t) + \delta C_{\text{исп}}(t) + \delta C_{\text{обсл}}(t)] dt + \\ & + C_{\text{конс}} + C_{\text{внедр}} + C_{\text{осв}} + \delta C_{\text{сопр, подд}}(T_{\text{гот}} - T_{\text{гар}}); \quad (12) \\ C_{\text{TСO экспл}} = & (\delta C_{\text{аморт}} + \delta C_{\text{сопр, подд}})(T_{\text{дегр}} - T_{\text{гот}}) + \\ & + \int_{T_{\text{гот}}}^{T_{\text{дегр}}} [\delta C_{\text{обсл}}(t) + \delta C_{\text{исп}}(t)] dt. \end{aligned}$$

Таким образом, эффективность мероприятий по эксплуатации БУГ следует определять не в текущий момент времени или на каком-то одном этапе ее ЖЦ, а на всем предполагаемом интервале  $[t_0, T_{\text{дегр}}]$  ее практического использования.

Выполнение персоналом БУГ некоторых из необходимых работ из приведенного перечня может быть неэффективным, в особенности, если это требует дорогостоящего специализированного оборудования и квалифицированного персонала. В этих условиях целесообразно передавать выполнение таких работ сторонним специализированным компаниям. Передача части работ сторонним исполнителям, называемая также аутсорсингом (*outsourcing*), находит все более широкое распространение, прежде всего, в наукоемких областях деятельности, к каким относится эксплуатация БУГ.

#### Список литературы

1. Анфилатов В.С. Системный анализ в управлении / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
2. Зайченко В.Н. Актуальные проблемы ремонта и эксплуатации резервуарных парков маловязких нефтепродуктов / В.Н. Зайченко – Пятигорск, АИТОНК, 2000.
3. Зайченко В.Н. «Каскад» – новая технология ремонта вертикальных резервуаров / В.Н. Зайченко // Нефтепереработка и Нефтехимия, 2002, № 1, С. 54 – 61.

4. Зайченко В.Н. Проблемы физических процессов и технология ремонта заглубленных вертикальных резервуаров казематного типа / В.Н. Зайченко – Пятигорск, АИТОНК, 2001.

5. Костров А.В. Основы совершенствования системы управления машиностроительным предприятием / А.В. Костров, С.А. Морев – Владимир: Демиург, 2003. – 292 с.

6. Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента / М.Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури – М.: Дело, 1992. – 704 с.

7. Whitten, J.L. Systems Analysis and Design Methods. 3th Edition / J.L. Whitten, L.D. Bentley, V.M. Barlow – Irwin, 1994. – 868 p.

---

## System Approach to Evaluation of Operation Effectiveness of Hydrocarbon Fuel Bases

V.N. Zaichenko<sup>1</sup>, I.V. Khrapov<sup>2</sup>

*Northern Caucasus Military District (1);  
Analytical Center of Economic Development TSTU (2)*

**Key words and phrases:** life cycle; expenses; life cycle model; full cost of ownership; effectiveness criterion.

**Abstract:** Definition of operation effectiveness of hydrocarbon fuel bases on the basis of full cost of ownership is proposed; life cycle model is introduced; expenses at the stages of life cycle of hydrocarbon fuel bases are detailed; the task of operation optimization of hydrocarbon fuel bases on the proposed criterion is formulated.

---

## Systemeinstellung zur Einschätzung der Effektivität der Ausnutzung der Basen des Kohlenwasserstoffbrennstoffes

**Zusammenfassung:** Es wird die Bestimmung der Effektivität der Ausnutzung der Basen des Kohlenwasserstoffbrennstoffes auf Grund des Gesamtwertes des Besitzes vorgeschlagen. Es ist das Modell des Lebenszyklus eingeführt. Es sind die Kosten nach den Etappen des Lebenszyklus detailliert. Es ist die Aufgabe der Optimierung der Ausnutzung der Basen des Kohlenwasserstoffbrennstoffes nach dem angebotenen Kriterium formuliert.

---

## Approche systémique pour une évaluation de l'efficacité de l'exploitation des bases du combustible hydrocarbonuré

**Résumé:** Est proposée la définition de l'efficacité de l'exploitation des bases du combustible hydrocarbonuré (BCH) à la base du coût complet de la possession, est introduit le modèle du cycle de vie (CV), sont détaillés les frais des étapes des CV BCH, est formulée une tâche de l'optimisation de l'exploitation des BCH d'après le critère proposé.