

УДК 62-681; 621.175:536.24

В. Е. Козут, Е. Д. Бутовский ✉, *В. М. Бушманов, М. Г. Хмельнюк*

Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная, 112, г. Одесса, 65039, Украина

✉ e-mail: ariesoon@gmail.com, ORCID: orcid.org/0000-0002-5260-4952

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ СИСТЕМЫ УЛАВЛИВАНИЯ ЛЕГКИХ ФРАКЦИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА БАЗЕ ЭЖЕКТОРНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

В статье приведен способ и методика расчетов жизненного цикла для систем улавливания легких фракций углеводородов на базе эжекторного теплообменника. Показаны тонкости расчетов для различных систем, которые необходимо учитывать при проектировании устройств. Представленная методика жизненного цикла позволяет качественно оценить объект при проектировании и эксплуатации.

Ключевые слова: жизненный цикл; легкие фракции углеводородов; эжекторные теплообменники; метод Монте-Карло; Парето-диаграммы.

В. О. Козут, Є. Д. Бутовський, В. М. Бушманов, М. Г. Хмельнюк

Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039, Україна

ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ СИСТЕМИ УЛОВЛЮВАННЯ ЛЕГКИХ ФРАКЦИЙ ВУГЛЕВОДНІВ НА БАЗІ ЕЖЕКТОРНОГО ТЕПЛООБМІННИКА

У статті наведено спосіб і методика розрахунків життєвого циклу для систем уловлювання легких фракцій вуглеводнів на базі ежекторного теплообмінника. Показані тонкощі розрахунків для різних систем, які необхідно враховувати при проектуванні пристроїв. Представлена методика життєвого циклу дозволяє якісно оцінити об'єкт при проектуванні та експлуатації.

Ключові слова: життєвий цикл; легкі фракції вуглеводнів; ежекторні теплообмінники; метод Монте-Карло; Парето-діаграми.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/0453-8307.6/2015.56686>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

1. ВВЕДЕНИЕ

В связи с использованием эжекторного теплообменника для конденсации углеводородов в потоке необходимо оценить целесообразность данного проекта и дать оценку его рыночной перспективы. Это можно выполнить исследовав жизненный цикл проекта от проектирования установки до внедрения в жизнь большой партии данных устройств. Решения вопроса осуществляется поэтапно по восходящей линии.

Один из ключевых этапов жизненного цикла (ЖЦ) системы – переход от концепции, заданной в рыночных формулировках к параметрической модели системы, позволяющей проводить приблизительный расчет стоимости ЖЦ, а также оценку его рыночных перспектив. Такой расчет является относительно новой задачей, решаемой в системах автоматизированного проектирования.

Основные требования к стадии разработки общесистемного решения можно сформулировать следующим образом: разработка должна быть оптимально быстрой, должна сопровождаться расчетом стоимости ЖЦ системы. Решение по-

добной задачи в настоящее время производится с помощью параметрических данных установки, которые позволяют на основе типовых решений, а также знаний о проектировании систем данного типа быстро создавать прототип системы, который обеспечивает обоснованный переход к функциональным расчетам. Поскольку эжекторные теплообменники просты в изготовлении, и проектирование которых не требует больших затрат, можно утверждать, что капитальные вложения будут не высоки.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

В основе расчета показателей стоимости ЖЦ системы используется метод дисконтированных сумм. Поскольку «жизнь» системы может насчитывать несколько лет или десятилетий, важным становится расчет не только номинальной стоимости проекта, но и реальной дисконтированной стоимости на момент принятия решений или другой момент.

Для пользователей системы стоимость его «жизни» LCC складывается из основных составляющих: затраты на приобретение, установку, наладку, запуск на старте эксплуатации системы C ; затраты на обслуживание, включая стоимость работы операторов, регулярное обслуживание, налог на имущество, страховку, без учета стоимости заменяемых частей M_i ; топливо/энергия – вычисляется отдельно от затрат по обслуживанию – учитывается с использованием собственного значения инфляции E_i ; затраты на заменяемые части R_i ; стоимость утилизации к конечному периоду использования SN :

$$LCC = C + \sum_{i=1}^N K_i^m M_i + \sum_{i=1}^N K_i^m E_i + \sum_{i=1}^N K_i^m R_i + S^N \quad [1]$$

где N – номер периода; $i = k1(1+i)^i$ – коэффициент дисконтирования без учета динамики цен, I – ставка дисконтирования за период; $ik(=1)+g(i1)+I-i$ коэффициент дисконтирования с учетом динамики цен, g – инфляция за период.

Для подготовки данных (информации) о вариантах решения задачи предлагается осуществлять последовательность этапов, представленную на рисунке 1.



Рисунок 1 — Последовательность этапов разработки жизненного цикла системы

Этап 1. Постановка задачи расчета стоимости ЖЦ системы.

На данном этапе выставляются технические требования и ограничения, стоимости рисков неисполнения производственной программы и т.п. В оценку этого этапа важной вехой является кро-

ме экономической целесообразности и экологическая безопасность окружающей среды

Этап 2. Описание вариантов технических решений.

Техническая среда: стратегии обслуживания (рис. 2).

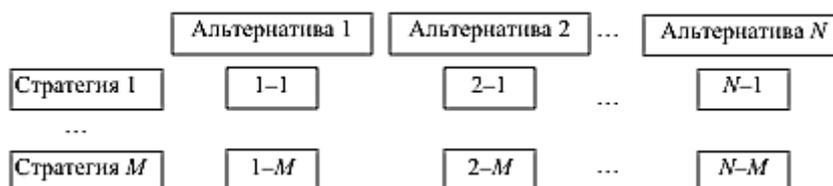


Рисунок 2 — Возможные варианты стратегии обслуживания

Наиболее распространенные современные стратегии обслуживания:

- ремонт при отказе (при обнаружении неисправности или отказа заменяются только непосредственно неисправные части / агрегаты системы);
- предупредительное обслуживание (при ремонте заменяются отказавшие части и части / агрегаты, ресурс которых близок к исчерпанию или исчерпан).

Система улавливания легких фракций углеводородов на базе эжектора теплообменника не содержит большого количества агрегатов быстро выходящих из строя. Ремонт такой системы значительно упрощается.

Этап 3. Подготовка дерева затрат.

На данном этапе определяются затраты на производство, обслуживание, ремонт.

Системы с эжекторными теплообменниками, в которых затраты на обслуживание и ремонт минимальны и составляют не более 10% от проектирования и изготовления.

Этап 4. Выбор аналитической модели.

Для каждой альтернативы технического решения и стратегии обслуживания проводится моделирование ЖЦ системы на стадии эксплуатации. Для исключения динамической неопределенности результатов эксплуатации производится имитационное моделирование (метод Монте-Карло). Для правдоподобия ситуаций отказов системы имитируются межремонтные интервалы систем системы. Оценки параметров надежности, ремонтнопригодности, готовности и производительности изделий получаются за счет усреднения большого числа повторений имитации его эксплуатации.

Этап 5. Сбор оценок и данных по затратам.

На данном этапе необходимо задать параметры надежности частей системы, нормы затрат на техническое обслуживание, ремонт, нормы штрафов за простои, нормы производительности.

Этап 6. Подготовка отчета о затратах по периодам.

Для расчета приведенной к некоторому моменту времени величины затрат необходимо использовать дисконтирование сумм затрат с выбранным коэффициентом дисконтирования. В зависимости от температуры окружающей среды затраты на обслуживания незначительно возрастают.

Этап 7. Подготовка данных о безубыточности вариантов.

В зависимости от состава системы, стратегий эксплуатации, операционных параметров на основе соотношения постоянных, переменных затрат и производительности рассчитывается безубыточность работы изделия для каждого периода времени его «жизни».

Безубыточность контролируется на каждом этапе эксплуатации, в том числе при повышении интенсивности отказов, после ремонтов и модернизации системы.

Оценка технической эффективности вариантов системы

$$EFF = A * R(t) * M(t) * C \quad [2]$$

Готовность системы показывает насколько часто система находится в состоянии выполнять производственную программу, т.е. исправно и подготовлено к работе:

$$A = uptime / (uptime + downtime) \quad [3]$$

где uptime – время в состоянии готовности, downtime – время в ремонте, обслуживании, технологической перезагрузки и т.д.

Надежность системы показывает вероятность безотказной работы за период времени:

$$R(t) + \exp(-\lambda t), \quad [4]$$

где λ – интенсивность отказов.

Надежность служит также для определения гарантийного срока потребителя.

Ремонтнопригодность изделия показывает длительность безремонтной работы за период времени:

$$M(t) = 1 - \exp(-\mu t), \quad [5]$$

где μ – интенсивность ремонтов.

Производительность C – отношение фактической производительности к плановой производительности изделия или производительности аналога. Чтобы значения $R(t)$ и $M(t)$ можно было определить отличными от 0 и 1, необходимо выбирать соответствующее значение периода времени t .

Эффективность системы ES рассчитывается как отношение технической эффективности EFF к стоимости ЖЦ изделия $LCCES = EFFLCC$. Данный расчет применим как к изделиям и комплексам, представляющим собой самостоятельные

производственные системы с известными показателями производительности и доходности, так и к изделиям и комплексам, являющимися частью производственной системы.

Этап 8. Подготовка Парето-диаграммы для основных статей затрат. Парето-диаграммы (рис. 3) используются для выявления наиболее критических статей затрат. Небольшое количество наименований затрат является источником большей части объема всех затрат.

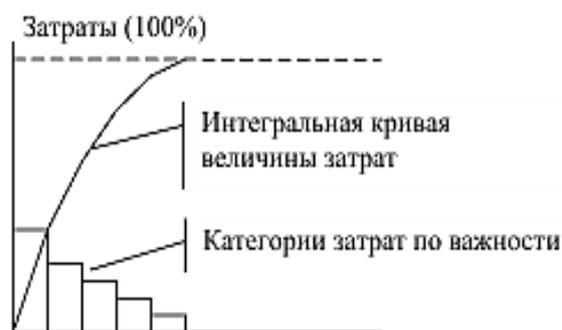


Рисунок 3 — График затрат в жизненном цикле системы

Этап 9. Проведение анализа чувствительности.

Для выбранных категорий затрат оценивается зависимость изменения стоимости ЖЦ системы от величины изменения затрат по категории.

Этап 10. Анализ рисков стоимости и происшествий.

На данном этапе осуществляется распределение стратегий по степени влияния на стоимость ЖЦ системы. Совокупность устройств входящих в систему улавливания легких фракций углеводородов на базе эжектора теплообменника приблизительно равнозначна.

Этап 11. Выбор действий с использованием стоимости ЖЦ системы.

Задание на изменение параметров (совершенствование) проекта должно содержать абсолютную величину требуемого изменения, допустимые величины изменения параметров, уровни изменений. Изменения проводятся последовательно по уровням в зависимости от исчерпания резерва изменения стоимости ЖЦ системы на текущем уровне проекта (рис. 4). Изменение параметров (совершенствование) проекта на нижележащих уровнях оказывает влияние на параметры вышележащих уровней.



Рисунок 4 — Уровни изменения стоимости жизненного цикла системы

Проведенные расчеты ЖЦ системы улавливания легких фракций углеводородов на базе эжектора теплообменника можно характеризовать как качественный подход к проектированию, изготовлению и эксплуатации устройства.

3. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ УЛАВЛИВАНИЯ ЛЕГКИХ ФРАКЦИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА БАЗЕ ЭЖЕКТОРНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Системы улавливания легких фракций углеводородов условно можно разделить на четыре группы, которые зависят от перерабатываемого количества топлива в единицу времени (это означает, что основным параметром при проектировании является производительность установки):

1. системы улавливания легких фракций углеводородов при заправке автомобиля;
2. системы улавливания легких фракций углеводородов при транспортировке топлива в емкостях;
3. системы улавливания легких фракций углеводородов при транспортировке топлива в трубопроводах большого диаметра;

4. системы улавливания легких фракций углеводородов при переливе больших емкостей.

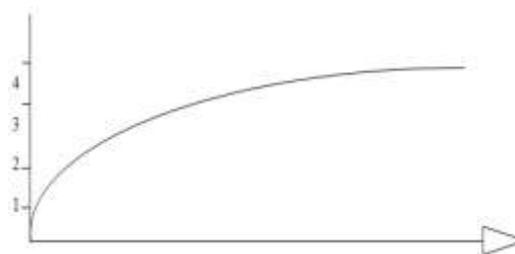


Рисунок 5 — График производительности установки

В основу расчета экологических характеристик системы УЛФ положен метод равновесного состава, учитывающий элементарный состав нефтепродуктов и параметры их испарения. В продуктах испарения легких фракций углеводородов может содержаться около 36 различных химических элементов, для количественного определения которых используются четыре уравнения материального баланса, составленные на основе

неизменности отношения количества атомов отдельных элементов в ходе химической реакции.

Данный расчет возможен при известных значениях основных параметров процесса испарения фракций углеводородов нефтепродуктов. Значения этих параметров могут быть определены в результате моделирования процесса с использованием комбинации методов Гринивецкого-Мазинга и И. И. Вибе.

ВЫВОДЫ

Расчет ЖЦ системы улавливания легких фракций углеводородов показывает целесообразность применения данных устройств при транспортировке и переливке топлива в емкостях и трубопроводах. Дополнительный интерес вызывает, что методику расчета жизненного цикла можно распространить на различные системы улавливания легких фракций углеводородов и главным фактором, является производительность. Системы улавливания легких фракций углеводородов решают задачу отрасли по сохранности углеводородов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Когут В. Е.** Промышленное использование способа конденсации углеводородов в эжекторе теплообменнике // В. Е. Когут, Е. Д. Бутовский, М. Г. Хмельнюк / Холодильная техника и технология – 2014. – № 1 (147). – С. 9-15.
2. **Когут В. Е.** Проектирование термоконденсатора эжектора // В. Е. Когут, Е. Д. Бутовский, Н. Г. Носенко / Холодильная техника и технология – 2014 – № 6(146). – С. 45-48.
3. **Лисанов М. В.** Анализ риска аварий на нефтепроводных системах // М. В. Лисанов, А. И. Гражданкин, А. В. Пчельников, А. В. Савин / Безопасность труда в промышленности. – 2006 – №1.
4. **Жихарева Н. В.** Методика расчета системы кондиционирования воздуха бассейнов // Н. В. Жихарева / Холодильная техника и технология – 2015 – Том 51, Вып. 4 – С. 12-16

Отримана в редакції 02.10.2015, прийнята до друку 03.11.2015

V. E. Kogut, I. D. Butovskiy ✉, *V. M. Bushmanov, M. G. Khmelniuk*

Odessa National Academy of Food Technologies, 112 Kanatnaya str., Odessa, 65039, Ukraine

✉ e-mail: ariesoon@gmail.com, ORCID: orcid.org/0000-0002-5260-4952

LIFE CYCLE OF LIGHT HYDROCARBONS CATCHING SYSTEM ON THE EJECTOR HEAT EXCHANGER BASE

In a paper the mode and a procedure of lifecycle calculation for systems of hydrocarbon light fractions catching on the ejector heat exchangers basis are given. The details of calculations for different systems that are necessary to take into consideration in the process of devices design. The introduced methodology of lifecycle makes it possible to evaluate the object qualitatively at on the stage of design and maintenance.

Keywords: *lifecycle; light cuts of a hydrocarbon; ejector heat interchangers; Monte-Carlo method; Parreto-diagrams.*

REFERENCES

1. **Kogut, V., Butovskiy, I., Khmelniuk, M. 2014.** Hydrocarbon condensation method in the ejector exchanger industrial utilization. *Refrigeration engineering and technology*, No.1 (147), 9-15 (in Russian) doi: 10.15673/0453-8307.1/2014.32598
2. **Kogut, V. E., Butovskiy, I. D., Nosenko, N. G. 2013.** Design thermocondenser-ejector. *Refrigeration engineering and technology*, No.6 (146), 45-48. (in Russian) doi: 10.15673/0453-8307.6/2013.32782

3. **Lisanov, M. V., Grazhdankin, A. I., Pchelnikov, A. V., Savin, A. V. 2006.** An analysis of accidents on oil pipeline systems. *Safety in industry*, No.1.

4. **Zhikhareva, N. V. 2015.** Swimming pools air-conditioning systems calculation methods. *Refrigeration engineering and technology*, 51 (4) 12-16 (in Ukrainian) doi: 10.15673/0453-8307.4/2015.39284

Received 02 October 2015
Approved 03 November 2015
Available in Internet 25.12.2015