

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 УЛАВЛЮВАННЯ ЛЕГКИХ ФРАКЦІЙ 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

1. ВВЕДЕНИЕ

Применения эжекторного теплообменника для конденсации углеводородов в потоке необходимо оценить целесообразность проекта и дать оценку его рыночную перспективу. Это можно только подвергнуть исследования жизненного цикла проекта от проектирования установки до внедрения в жизнь большой партии данных устройств. Решения вопроса осуществляется поэтапное 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 подобной 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 проектировании, 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; $i = k(1 +)^i$ – коэффициент дисконтирования без учета динамики цен, I – ставка дисконтирования за период; $ik(=1)+g(i1)+I-i$ коэффициент дисконтирования с учетом дина-

мики цен, g – инфляция за период. Для подготовки данных (информации) о вариантах решения задачи предлагается осуществлять последовательность этапов, представленную на рис. 1.

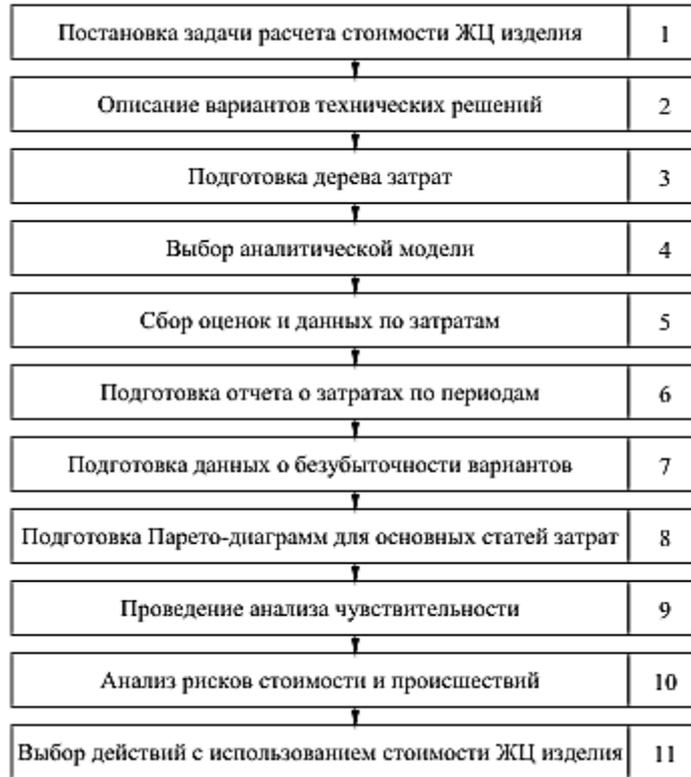


Рисунок 1 — Последовательность этапов разработки жизненного цикла системы

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 обслуживание 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-диаграмм 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 категориям.

Этап 10. Анализ рисков стоимости и происшествий.

На данном этапе осуществляется распределение стратегий по степени влияния на стоимость ЖЦ системы. Совокупность устройств входящих в системы 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, допу-

стимые 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 эксплуатацию 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.

4. ВЫВОДЫ

Расчет ЖЦ системы улавливания легких фракций углеводородов позволяет доказать о целесообразности применения устройств в различных устройствах 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 / Журнал Холодильная техника и технология – 2014 - Том 1, Вып. 147 - С. 9-15.
2. **Когут В. Е.** Проектирование термоконденсатора эжектора // В. Е. Когут, Е. Д. Бутовский, Н. Г. Носенко / Журнал Холодильная техника и технология - 2014 – Том 6, Вып. 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 / Журнал Безопасность труда в промышленности. – 2006 – Вып. №1.
4. **Жихарева Н. В.** Методика расчета системы кондиционирования воздуха бассейнов // Жихарева Н. В. / Журнал Холодильная техника и технология – 2015 – Том 4, Вып. 51 – С. 12-16

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

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

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

LIFECYCLE OF SYSTEM OF CATCHING OF LIGHT FRACTIONS OF THE HYDROCARBON ON THE BASIS OF THE EJECTOR HEAT EXCHANGERS

In a paper the mode and a procedure of accounts of lifecycle for systems of catching of light fractions of a hydrocarbon on the basis of an ejector heat exchangers are reduce. Thinness of accounts for different systems that it is necessary to allow at projection of devices is display. The introduced procedure of lifecycle allowed evaluating qualitatively a plant at projection and maintenance.

Keywords: *lifecycle; light cuts of a hydrocarbon; ejector heat interchangers; Monte-Carlo method; Pareto-diagrammy*

REFERENCES

1. **Kogut V. E** Industrial use of the process of condensation of hydrocarbons in the ejector exchanger // V. E Kogut, I. D. Butovskiy, M. G. Khmelniuk / Journal refrigeration equipment and technology - 2014 - Volume 1, Issue. 147 - P. 9-15.
2. **Kogut V. E.** Design thermocondenser-ejector // V. E. Kogut, E. D. Butovskiy, N. G. Nosenko / Journal refrigeration equipment and technology - 2014 - Volume 6, Issue. 146 - S. 45-48.
3. **Lisanov M. V.** An analysis of accidents on oil pipeline systems // M. V. Lisanov, A. I. Grazhdankin, Pchelnikov A. V., A. V. Savin / Journal of Safety in industry. - 2006 - Vol. №1.
4. **Zhikhareva N. V.** Methods of calculating the air conditioning system pools // Zhikhareva N. V. / Journal refrigeration equipment and technology - 2015 - Volume 4, Issue. 51 - pp 12-16