УДК 66.01.001.57 (075.8)

В.Р. Аншелес, И.Л. Вишнякова, Е.О. Быкова

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ СИНЕРГИИ И ЭКСЕРГИИ В УПРАВЛЕНИИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ПРОМПРОИЗВОДСТВА

В статье рассматриваются вопросы применения методов синергии и эксергии при управлении теплоэнергетической системой промышленных производств.

Управление, теплоэнергетическая система, промышленное производство, метод синергии, метод эксергии.

The article considers the questions of application of methods of synergy and exergy in the management of heat power system of industrial productions.

Management, heat power system, industrial production, synergy method, exergy method.

Проблема возрастающей трудности управления теплоэнергетическими системами промышленных производств, характерная для всех развитых стран, породила целый ряд научных подходов. В таких задачах все большее место стал занимать собственно процесс постановки задачи, возросла роль лица, принимающего решения (ЛПР) в выборе математических методов в описании производства, роль человека как носителя системы ценностей, критериев принятия решения, целостного восприятия, сохранения целостности при расчленении проблемы для облегчения ее решения [1]. Так при сравнении различных вариантов проектов теплоэнергетических систем часто применяются методы анализа, разработанные специалистами во главе с академиком Т.С. Хачатуровым [2, с. 334 – 335], на основе которых выпущены различные отраслевые методики и инструкции по оценке эффективности капитальных вложений.

Принятая в теплоэнергетике методика определения сравнительной эффективности капитальных вложений, используемая для оценки и отбора инвестиционных и инновационных проектов, основана на сравнении приведенных затрат по вариантам. Согласно этой методике, экономически целесообразным вариантом считался тот, который обеспечивает минимум приведенных затрат, т.е.

$$З_i = C_i + E_н K_i \ \rightarrow \ \min,$$

где $З_i$ – объем приведенных затрат но i-му варианту C_i – годовая себестоимость продукции; $E_н$ – отраслевой норматив капитальных вложений, устанавливаемый централизовано для всех предприятий отрасли; K_i – капитальные вложения по рассматриваемому i-му варианту [2, с. 334 – 335]. В соответствии с этой методикой определяется рассчитываемый «среднегодовой экономический эффект» по формуле:

$$Э_i = \left(C_i^1 - C_i^2\right)W - E_н K_i,$$

где C_i^1 – себестоимость продукции до внедрения инвестиционного проекта по i-му варианту, руб./год; C_i^2 – себестоимость продукции после внедрения инвестиционного проекта по i-му варианту; W, $E_н$ и K_i – как в предыдущей формуле.

Основные недостатки такой методики состоят в том, что:

1) при определении лучшего варианта вложений не учитывается весь объем инвестиционных затрат, состоящих не только из капиталовложений, но также из расходов на проектирование, рекламу, обучение персонала, пусконаладочные расходы и другие предпроизводственные расходы;

2) рассчитывается не доход, а лишь разница в изменении себестоимости, без учета роста цен на продукцию, сырье, материалы, рабочую силу и т.д. Учет последних факторов необходим в связи с высокой инфляцией в стране;

3) при расчете не учитывается неопределенность будущего и связанный с этим риск;

4) экономический эффект, полученый от инвестирования, должен быть пересчитан и уменьшен на величину потерь дохода, связанных с тем, что в случае инвестирования приходится отказаться от вложениия инвестированных сумм в банк и получения процентов за депозит;

5) нельзя применять эту методику при обосновании капитальных вложений, направляемых на улучшение качества продукции, так как такие улучшения, как правило, ведут к увеличению издержек производства продукции;

6) нормативы экономической эффективности ($E_н$) в условиях социалистической экономики рассчитывались централизованно по отдельным отраслям и формам расширенного воспроизводства специальной государственной организацией – Госпланом, которой в настоящее время не существует.

Таким образом, в условиях рыночной экономики методика потеряла свой основной смысл и не может

быть использована при оценке экономической эффективности вариантов инвестиционных и инновационных проектов теплоэнергетических систем промышленных производств [1]. Более целесообразо использование при этом «Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов» [4] и алгоритма использования этой методики, представленного в [3]. Например, реальная оценка и разработка наиболее эффективной стратегии использования природного газа в металлургической и химической промышленности возможна лишь с помощью совместного учета материальных и финансовых потоков с использованием принципов стратегической синергии (взаимодействия в системе) на основе учета ценовых факторов, таких как цены на товарные и сырьевые продукты. При этом важен учет их потенциала (как фактора эксергии или их работоспособности). Цена на этот энергоресурс имеет тенденцию к росту, увеличивается в зависимости от транспортных расходов, а также зависит от объема лимитированных поставок ОАО «Газпром» и закупок этого вида сырья на свободном газовом рынке.

Дело в том, что при рассмотрении больших производственных комплексов, таких как схемы крупных металлургических и химических производств, например, Череповецкого металлургического комбината и ФосАгро-Череповец, необходимо обратить внимание, что оптимизация при принятии управленческих решений существенно зависит от взаимодействия бизнес-единиц, которые выпускают различные виды товарной продукции и продукции для внутрипроизводственного потребления, а также различных услуг в их динамике. В этих случаях возникает задача наиболее эффективного соотношения этих потоков, которую можно разрешить, лишь используя принципы стратегического синергизма в части взаимодействия бизнес-единиц [5]. Как показывает опыт анализа многих новых промышленных и непромышленных объектов, оно во многом зависит от реального взаимодействия компонентов этих систем.

В соответствии с принципами, изложенными литературе, рассмотрение и обоснование должно начинаться с создания графа, описывающего материальные потоки как сырьевые, товарные и промежуточные, так и другие в пределах всего производственного или непроизводственного комплекса. Для Череповецкого комплекса производств по совместному и одновременному изготовлению защитной азотной и азотно-водородной атмосферы (ЗАВА) для цехов получения высококачественных метизов, аммиака, аммиачной селитры, и сложных азото-фосфатных удобрений (САФУ) он может быть представлен следующим образом (рис. 1).

Анализ этого объединенного графа показывает, что основным сырьевыми продуктами рассмотренных производств являются: природный газ, имеющий самую высокую стоимость, водяной пар, который относительно дешев, так как вырабатывается на предприятии (в котельной) из достаточно дешевого и доступного ресурса – воды, а также атмосферный воздух.

Распределение товарного аммиака и промежуточных продуктов азотно-водородной смеси и азота высокой чистоты определяется объемом вырабатываемой товарной продукции, имеющей в разные периоды различный уровень цен на рынках. Себестоимость продукции, а также цены на нее зависят не только от положения на рынке, но также от загрузки производств и даже сезона выработки продукции. Так, цены на товарный аммиак и аммиачную селитру имеют сезонные колебания, которые достигают максимума в период весенних и осенних сельхозработ и минимизируются в летний и зимний период. Производство метизов имеет отличную от этих товарных продуктов сезонную загрузку. Возможны различные варианты логистических схем с получением азота высокой чистоты и азотно-водородной смеси с двух отдельных установок и азота высокой чистоты с двух предприятий.



Рис. 1. Объединенный граф производства товарных азота, ЗАВА, аммиака, аммиачной селитры и САФУ на Череповецком производственном комплексе

Следующим этапом расчета, обоснования и оптимизации деятельности указанного комплекса является расчет себестоимости товарных продуктов и составление на их основе экономико-математической модели движения денежных потоков (кешфлоу). Данные расчета по этой математической модели используются при определении критериев экономической целесообразности таких производств как индивидуальных; NPV, IRR, DPP, основанных на дисконтировании денежных потоков, так и полного экономического результата (ПЭР), не учитывающего временной фактор. Первые определяются на всей совокупности факторов, а также учитывают весовую оценку указанных критериев банком, инвестором и промпредприятием-заемщшиком.

Для выполнения экономического обоснования наиболее эффективных управленческих решений используется метод математического анализа и расчетов, на основе которых выбираются наилучшие варианты решений в условиях данного объекта. С помощью этих методов можно рассчитать оптимальные количественные и качественные критерии эффективности как создания таких производств, так и их оптимальной эксплуатации методом сопоставления данных, полученных в ходе расчета по экономико-математической модели, и результатов мониторинга деятельности «гибкой» схемы производства товарных продуктов. Достоинством предлагаемой системы оценки является автоматизированное определение широкого круга критериев, как дисконтированных, так и недисконтированных, позволяющих совместить в одной системе принципы синергизма и эксергии, где под эксэргией понимается не только энергия, затрачиваемая на производство, но и работа, которая может быть выполнена с помощью этой энергии.

Как показал опыт, возможность проведения таких работ по функционально-стоимостному анализу качества создания и управления крупномасштабных объектов в народном хозяйстве нашего региона с использованием достаточно простых и доступных интегральных программ ChemCad и Microsoft Excel позволит повысить их качество и надежность и избежать существенных ошибок при планировании и финансировании таких объектов.

Математическое обеспечение поддержки принятия решений современного производственного процесса должно строиться, на наш взгляд, с учетом перечисленных особенностей функционирования производственно-технологической системы. Оно предназначено для реализации алгоритмов обработки информации, управления и формирования рекомендаций по принятию решений, а также для связи с объектом управления и обслуживающим персоналом. Реальная оценка эффективности инвестиционных и, в особенности инновационных, проектов, анализ потоков движения денежных средств во времени возможны лишь при определении доходности, выполненной на основе современных методик, широко используемых в мировой практике, как это показано графически на рис. 2.

Графически экономически нормальный случай жизненного цикла предприятия (IV) представляется бизнес-процессом на этом графике, которое фактически является описанием циклической волны по Н.К. Кондратьеву [3].

Большую часть временного периода полного жизненного цикла предприятия необходимо использовать как прогнозный период (III), в течение которого денежные поступления проекта непосредственно связаны с первоначальными инвестициями (так называемый «инвестиционный предел») и должны быть учтены при оценке денежных потоков (кешфлоу). Естественно, что денежные поступления (потоки) имеют знак «+» или «–» и являются разницей доходов и расходов (платежей). На первых стадиях создания предприятия, естественно, до некоторого момента будут существовать затраты, связанные с прединвестиционными расходами (бизнес-план, технический проект и т.д.) и инвестициями (I, II), которые имеют знак «–».

Они подбираются так, чтобы в начальный период иметь финансирование как капитальных затрат, таких как завершение разработки продукта, приобретение технологического оборудования, зданий, сооружения и других активов, так и финансовых ресурсов на запуск предприятия и изготовление первых партий продукта, на маркетинговую и рекламную деятельность и т.д. Впоследствии после некоторого момента благодаря росту продаж и инфляционному снижению стоимости денег текущие доходы в прогнозный период растут. Затем они стабилизируются (вследствие падения продаж, износа материальных активов и т.д.) и в некоторый период времени становятся настолько малыми, что их оценка не влияет на общую сумму доходов, которую нужно оценить при определении стоимости предприятия. Как известно, жизненный цикл (по Н.К. Кондратьеву) зависит от вида активов. В случае оценки недвижимости он составляет от 40 до 60 лет, оборудования – 8 – 12 лет, а рыночных товаров (выпускаемой продукции) – 2 – 3 г.

При оценке стоимости предприятия величина прогнозного периода должна выбираться с учетом этого фактора. Дело в том, что рост стоимости предприятия определяется и корректируется в связи с новыми инвестиционными проектами с помощью следующей известной формулы [3]:

$$C = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{(1+d)^i} + M \cdot \frac{1}{(1+d)^n},$$

где PV – стоимость объекта недвижимости (например, предприятия); C_i – денежный поток периода i; d – ставка дисконтирования денежного потока периода i; M – стоимость реверсии, или остаточная стоимость.

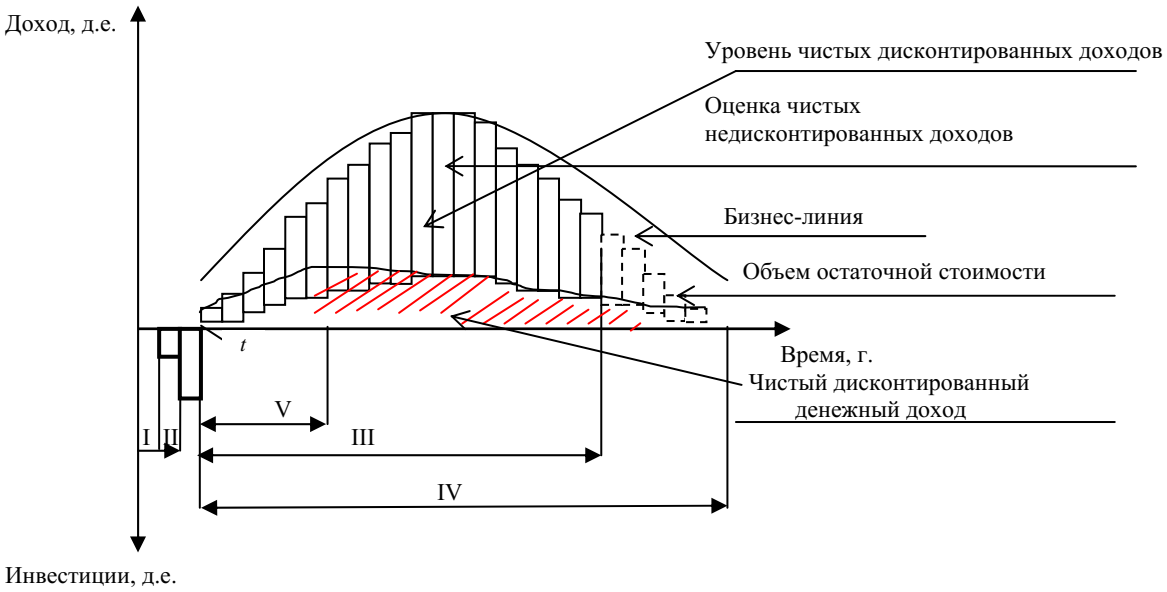


Рис. 2. Этапы жизненного цикла инвестиционного проекта, направленного на повышение справедливой стоимости предприятия, где I – прединвестиционный этап (затраты); II – инвестиционный этап (затраты); III – прогнозный период (доходы); IV – жизненный цикл реализации проекта (предприятия); V – дисконтированный срок окупаемости

Обработка массива расчетных данных с целью выявления единого интегрального критерия возможна методами теории вероятности, но лишь для совокупности статистически однородных случайных событий массового характера. В то же время не существует сколь-нибудь убедительных доказательств, что это условие однородности выполняется для сложных производственных управляемых систем. В промышленном производстве совершенно недопустимо априорное использование каких-либо стандартных распределений (нормального, показательного и т.п.). Уникальность условий реализации каждого проекта и постоянно изменяющиеся внешние условия определяют некорректность оценки экспертом вероятности того или иного события. Кроме того, рассматривать технологические и экономические процессы как случайные тоже некорректно, поскольку в их основе лежат вполне целенаправленные осмысленные действия по их управлению, и их участники при формировании политики реализации не руководствуются механизмами случайного выбора. Наиболее корректным вариантом анализа величин чистого дисконтированного дохода (*NPV*), внутренняя норма доходности (*IRR*) и т.д. является использование методов нечетких множеств, так как этот метод занимает в этой ситуации лучшие позиции. Прежде всего, эта теория изначально создавалась для того, чтобы нечетким, качественным описаниям и оценкам дать строгое математическое представление без жестких нормативных ограничений на их характер. Строгое в математическом отношении представление в виде функций принадлежности позволяет выполнять однозначные математические преобразования и находить однозначные решения, как это показано на ряде промышленных процессов, так как в теории нечетких множеств отсутствует условие необходимости статистической однородности переменных исследуемого процесса [3].

Расчет значения обобщенного показателя эффективности *F* проводится по формуле:

$$F\left(X_i\right) = \sqrt[L]{\prod_{j=1}^{K} \mu^{i_j}\left(a_{ij}\right)},$$

где i – номер варианта; $K = 2M + 3$; M – количество параметров, определяемых особенностями отрасли; $X_i = (a_{ij})_{1\times K}$ – вектор приведенных параметров; l_j – весовой вклад j-го параметра; $L = \sum_{j=1}^{K} i_j$; $\mu\left(a_{ij}\right)$ – функции принадлежности.

Кроме того, результаты расчетов позволяют показать, что, несмотря на изменения многих факторов, величина *NPV* в рассмотренных возможных сценариях реализации производства будет находиться в определенных пределах и можно выделить ее наиболее ожидаемое значение при заданном уровне риска, что позволяет определить экономическую эффективность рассматриваемого проекта, при рассчитанном объеме инвестиций, как это показано на рис. 3.

Все это позволяет рекомендовать описанный подход в качестве основы системы поддержки принятия решений по инвестированию и эксплуатации крупных инновационных проектов, которые планируется реализовать при модернизации народного хозяйства нашей страны.

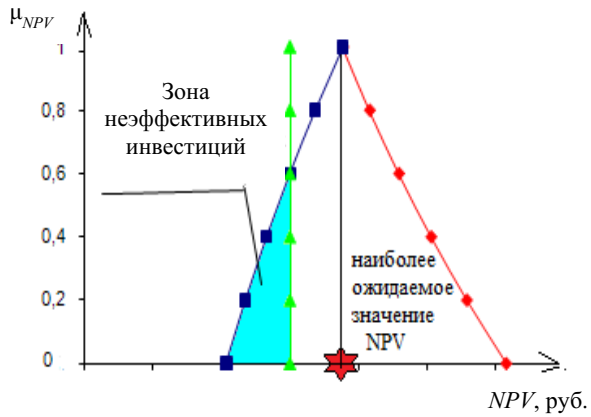


Рис. 3. Оценка чистого дисконтированного дохода и риска инвестиций

Литература

1. *Аншелес, В.Р.* О некоторых вопросах стратегической синергии в производстве промышленной продукции / В.Р. Аншелес, И.Л. Вишнякова, Е.О. Быкова // Материалы восьмой международной научно-технической конференции «Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования». – Вологда, 2013. – С. 19 – 21.
2. *Вишнякова, И.Л.* Метод и алгоритмы обработки информации в системе поддержки принятия решений процесса получения защитной азотно-водородной атмосферы в производстве метизов: дис. … канд. техн. наук / И.Л. Вишнякова. – Череповец, 2011.
3. *Игонина, Л.Л.* Инвестиции / Л.Л. Игонина. – М., 2004.
4. *Кемпбелл, Э.* Стратегический синергизм / Э. Кемпбелл, К. Саммерс Лачс. – СПб., 2004.
5. *Коссов, В.В.* Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / В.В. Коссов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров. – М., 2000.

УДК 621.313.2:681.513.7:004.896

В.Н. Волков, А.В. Кожевников

РАЗРАБОТКА НОВОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ

В работе рассмотрен способ оценки состояния электрических приводов, основанный на построении нейросетевой модели. На примере электропривода постоянного тока описан эксперимент, показывающий эффективность данного способа. Может найти применение для диагностики состояния электроприводов прокатных станов металлургического производства.

Электропривод постоянного тока, нейронная сеть, идентификация динамических объектов, системы управления.

The article describes the method of evaluation of electrical drives based on the construction of neural network models. On the example of a DC motor the experiment is described showing the effectiveness of this method. The method can be used for diagnostics of electric drives for steel rolling mills.

DC drive, neural network, identification of dynamic objects, control systems.

В настоящее время применение микропроцессорной техники поспособствовало «интеллектуализации» оборудования. Яркий пример тому – электрические приводы, представляющие собой системы, способные к самонастройке, самодиагностике и адаптации. Подобные системы получают все большее распространение в качестве приводной техники для высокопроизводительных линий. В металлургической промышленности автоматизированный электрический привод применяется в подавляющем большинстве установок и технологических комплексов. До половины всей потребляемой металлургическими предприятиями электроэнергии приходится на электроприводную технику.

Особые требования в металлургии предъявляются к автоматизированным электроприводам листовых непрерывных прокатных станов. Там традиционно применяются электроприводы постоянного тока с независимым возбуждением, имеющие хорошие эксплуатационные показатели в условиях динамических нагрузок и способные обеспечить плавное регулирование скоростей в широких диапазонах.

Как и любые другие технические устройства, электроприводы прокатных станов нуждаются в обслуживании. При этом качество эксплуатации электроприводов и эффективное планирование ремонтных и наладочных работ косвенно влияют на такие показатели производства, как: производительность стана, качество проката и себестоимость продукции. Оптимальная настройка системы управления позволяет снизить потребление электрической энергии станом и исключить брак, а своевременное обнаружение неисправности на начальной стадии позволяет избежать дорогостоящего ремонта и простоя всего стана.

Существующие системы автоматического управ-