

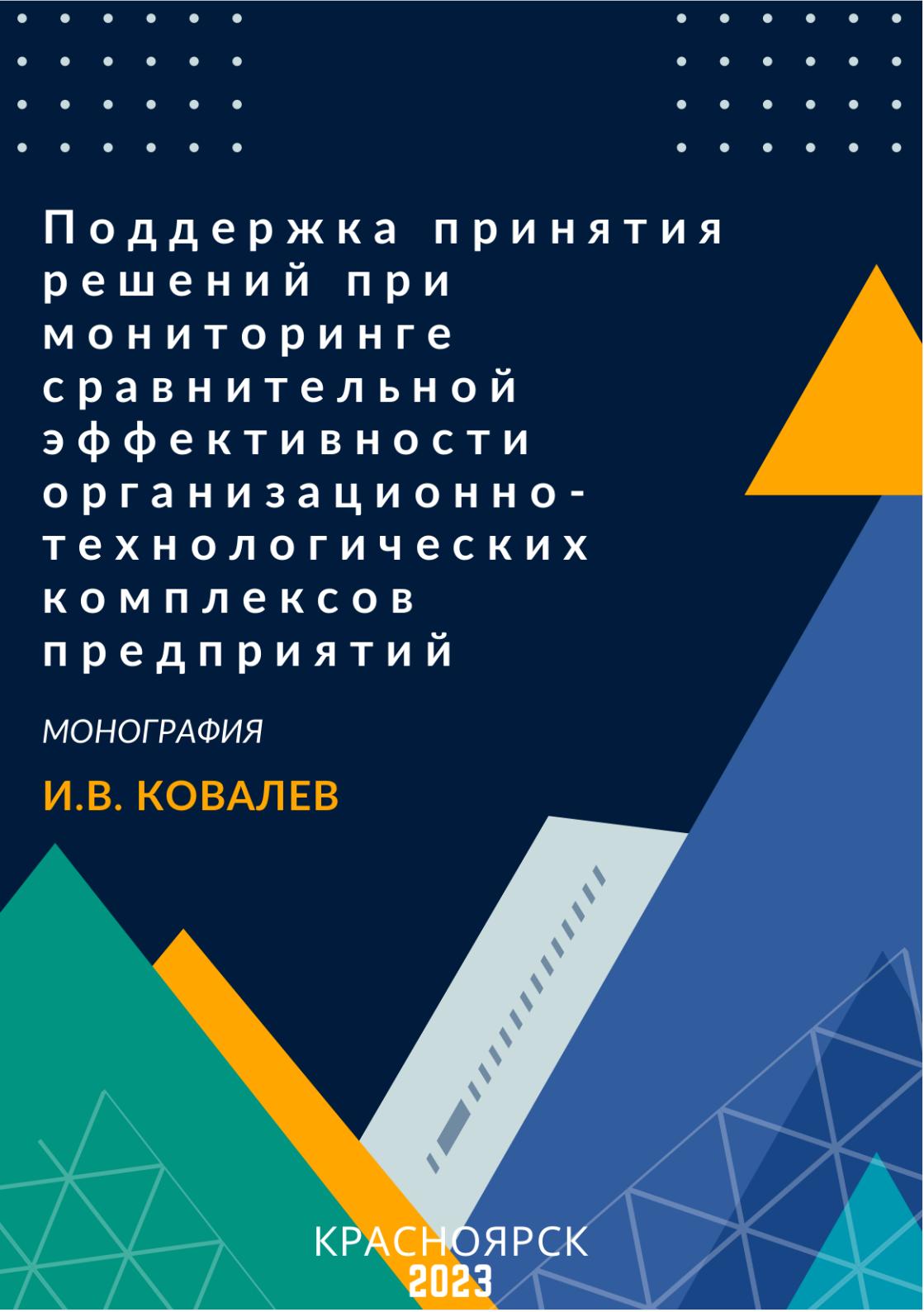
• • • • • • • • • •

Поддержка принятия
решений при
мониторинге
сравнительной
эффективности
организационно-
технологических
комплексов
предприятий

МОНОГРАФИЯ

И.В. КОВАЛЕВ

КРАСНОЯРСК
2023



И. В. Ковалев

**ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ
МОНИТОРИНГЕ СРАВНИТЕЛЬНОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

Монография

**Красноярск
2023**

УДК 004
ББК 32.97
К 56

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. С.В. Ченцов
д-р техн. наук, проф. К.Д. Астанақулов

Ковалев, И. В.

К56 Поддержка принятия решений при мониторинге сравнительной эффективности организационно-технологических комплексов предприятий: монография / И. В. Ковалев; ОУ «ККДНиТ». - Красноярск, 2023. - 104 с.

ISBN 978-5-6049733-1-8

В монографии рассматриваются актуальные вопросы поддержки и принятия решений при мониторинге сравнительной эффективности организационно-технологических комплексов предприятий. При развитии систем мониторинга в современных организационно-технологических комплексах предприятий возникает необходимость проектирования и внедрения эффективных систем и методов поддержки принятия решений, позволяющих как строить сложные аналитические отчеты, так и вырабатывать комплексные подходы к поддержанию сложных организационно-технологических систем в изначальном состоянии при стабилизации необходимых параметров. В основу подхода положен метод сравнительной эффективности DEA и его модификации.

Монография предназначена для специалистов в области информационных технологий, научных работников, а также для аспирантов и магистрантов, обучающихся по направлениям «Информатика и вычислительная техника», «Программная инженерия и кибернетика», «Автоматизированные системы управления».

УДК 004
ISBN 978-5-6049733-1-8

© Ковалев И. В., 2023
© ОУ «ККДНиТ», 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Модельно-алгоритмическая поддержка автоматизированной оценки сравнительной эффективности ОТК предприятий	8
1.1 Метод DEA оценки эффективности ОТК предприятий	8
1.1.1 Описание метода DEA и его особенностей	8
1.1.2 Учет дополнительных факторов при оценке сравнительной эффективности предприятий	16
1.1.3 Обоснование и разработка модификации метода DEA	18
1.2 Методика оценки эффективности ОТК предприятий	24
1.2.1 Построение методики оценки эффективности предприятий	24
1.2.2 Пояснения и замечания к методике оценки эффективности предприятий	29
1.3 Определение комплексных критерииов оценки эффективности ОТК предприятий	31
1.4 Алгоритм реализации методики оценки эффективности ОТК предприятий	34
2. Мониторинг эффективности ОТК предприятий	39
2.1 Способы осуществления мониторинга эффективности ОТК предприятий	39
2.2 Формирование подсистемы мониторинга эффективности ОТК предприятий	43
2.3 Архитектура подсистемы мониторинга	49
2.4 Реализация мониторинга предприятий с помощью подсистемы ОТК	51
2.4.1 Анализ работы предприятий в подсистеме мониторинга	51
2.4.2 Выдача рекомендаций и корректировка с целью повышения эффективности работы предприятий	55
2.4.3 Особенности применения разработанной подсистемы мониторинга в АСУ перерабатывающих предприятий	58
3 Программное обеспечение и апробация подсистемы мониторинга в АСУ перерабатывающих предприятий	65
3.1 Типы систем, функционирующих совместно с подсистемой мониторинга ОТК	65
3.2 Программная архитектура подсистемы мониторинга ОТК ..	70
3.2.1 Структура программной системы	70
3.2.2 Структура базы данных	72

3.3 Формирование данных и апробация функционирования подсистемы мониторинга ОТК	75
3.3.1 Анализ данных предприятий переработки ТБО в программной системе ПМЭ ОТК	75
3.3.2 Механизм выдачи рекомендаций в ПМЭ ОТК	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ.....	94

ВВЕДЕНИЕ

При развитии систем мониторинга в современных организационно-технологических комплексах (ОТК) предприятий возникает необходимость проектирования и внедрения эффективных систем и методов поддержки принятия решений, позволяющих как строить сложные аналитические отчеты, так и вырабатывать комплексные подходы к поддержанию сложных организационно-технологических систем в изначальном состоянии при стабилизации необходимых параметров. Как правило, системы мониторинга не ограничиваются аппаратными средствами, такими как разветвленная сеть дополнительных датчиков и сетей проводной и беспроводной связи. Важным моментом является применение оптимальных, быстродействующих и недорогих программных реализаций, обеспечивающих сбор и анализ данных, необходимых для принятия решений и оценки сравнительной эффективности ОТК. Современные подходы должны обеспечивать степень независимости, объективности и оперативности в оценке организационно-технологических процессов, создавать необходимые основы для дальнейшего совершенствования инструментов стратегического управления предприятием, в частности, при проведении модернизации производственных фондов.

Для обеспечения повышения эффективности предприятий переработки необходимо создание модельно-алгоритмического обеспечения систем мониторинга, что существенно для обоснования и принятия решений, а также для корректировки управляющих воздействий на структурные компоненты организационно-технологических комплексов. Для распределенных организационно-технологических систем предприятий возникает необходимость создания подсистемы мониторинга их эффективности для планирования и оптимизации отладки деятельности организационно-технологических комплексов. Данная подсистема должна эффективно сопровождать в едином информационном пространстве корпоративно

объединенных предприятий обеспечивающие системы мониторинга, предоставляя общий доступ к базам данных эксплуатации контрольно-измерительной информации всех организационно-технологических комплексов. Наблюдение и контроль над эффективной работой ОТК предприятий позволит не только следить за стабильной работой каждого производства, а также эффективно управлять качеством, финансами и персоналом всей совокупности связанных производств, что в конечном итоге требует внедрения соответствующего методического и математического обеспечения. Таким образом, разработка новых и модификация существующих методов поддержки принятия решений для автоматизированного мониторинга сравнительной эффективности организационно-технологических систем, создание их модельно-алгоритмического обеспечения в составе подсистемы мониторинга ОТК является важной научно-технической и практической задачей.

Объект исследования: системы мониторинга в современных организационно-технологических комплексов перерабатывающих предприятий.

Предмет исследования: методы мониторинга сравнительной эффективности в современных системах мониторинга организационно-технологических комплексов перерабатывающих предприятий.

Целью исследования является повышение оперативности процесса принятия решений при мониторинге организационно-технологических комплексов для оценки сравнительной эффективности перерабатывающих предприятий.

В монографии рассмотрены следующие задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели: анализ модельно-алгоритмической поддержки принятия решений для автоматизированного мониторинга и оценки сравнительной эффективности организационно-технологических систем предприятий; анализ методики оценки сравнительной эффективности организационно-технологических комплексов перерабатывающих предприятий с целью ее модификации; определение комплексных критериев оценки сравнительной эффективности организационно-технологических систем; разработка алгоритма реализации методики оценки сравнительной эффективности организационно-

технологических комплексов и систем; реализация подсистемы мониторинга сравнительной эффективности организационно-технологических комплексов перерабатывающих предприятий; анализ работы предприятия в подсистеме мониторинга и выдача рекомендаций с целью поддержки принятий решений по повышению их эффективности; апробация модифицированного метода DEA и алгоритма его реализации в процессе принятия решений при мониторинге организационно-технологических комплексов для оценки сравнительной эффективности перерабатывающих предприятий.

Работа базируется на следующих методах исследования: методы теоретических и экспериментальных исследований; методы системного анализа отраслей и производств, методы функционального и инструментального моделирования; методы векторного анализа; метод DEA и его модификации; метод объектно-ориентированного анализа и программирования.

Новые научные результаты, представленные в монографии, характеризуются следующими результатами. Впервые предложена модификация метода DEA, особенностью которой является использование корректировочных коэффициентов для выходов модели, что обеспечило учет технологических особенностей производства топливных пеллетов\брикетов и территориального расположения производств. На основе DEA-моделей и предложенной модификации метода разработана методика и алгоритм ее работы, позволяющие при оценке показателя эффективности и расположения предприятий производства топливных пеллетов\брикетов ранжировать их по степени эффективности, учитывать их особенности, касающиеся свойств используемого сырья, применяемых технологий, используемого набора выпускаемой продукции. В рамках подсистемы мониторинга эффективности организационно-технологических комплексов разработана структура и методика подготовки рекомендаций ЛПР с учетом показателя эффективности предприятий, позволяющие автоматизировать выдачу предложений по повышению эффективности работы производств топливных пеллетов\брикетов.

Практическую ценность разработанной системы обеспечивает эффективный мониторинг ОТК, который предоставляет пользователю системы полную картину о задачах функциональных и

обеспечивающих подсистем организационно-технологических комплексов, реализует оперативную оценку эффективности и обучаемую систему выдачи рекомендаций.

Достоверность результатов, представленных в монографии, подтверждается тестированием и оценкой результатов модельно-алгоритмического обеспечения подсистемы мониторинга организационно-технологических комплексов на данных российских перерабатывающих предприятий и заводов по производству топливных пеллетов\брикетов.

Решение поставленных задач требует разработки новых эффективных моделей и алгоритмов поддержки принятия решений при автоматизированном мониторинге ОТК предприятий и оценке их сравнительной эффективности.

1 Модельно-алгоритмическая поддержка автоматизированной оценки сравнительной эффективности ОТК предприятий

Проблема анализа эффективности функционирования предприятий очень остро встает в последние годы во многих сферах производства и сбыта продукции. Часто возникают задачи сравнения между собой и упорядочивания структурных подразделений и предприятий или организаций в целом по некоторому свойству, не поддающемуся непосредственному измерению. При этом общее представление о степени проявления этого анализируемого латентного свойства складывается как результат определенного суммирования целого ряда частных характеристик, от которых зависит, в конечном счете, это свойство. Главным понятием является понятие эффективности [28, 65]. «Эффективность - наиболее общее, определяющее свойство любой целенаправленной деятельности, которое с познавательной точки зрения раскрывается через категорию цели и объективно выражается степенью достижения цели с учетом затрат, ресурсов и времени». Поэтому оценка эффективности функционирования предприятий и организаций является очень важной для принятия верных управленческих решений.

1.1 Метод DEA оценки эффективности ОТК предприятий

1.1.1 Описание метода DEA и его особенностей

Аббревиатура DEA расшифровывается как Data Envelopment Analysis. Метод достаточно описан в научной литературе [20, 48, 66, 69], обозначим лишь его ключевые особенности.

Метод DEA с успехом применяется во многих странах для оценки эффективности функционирования однородных объектов в различных социально-экономических системах. Такими объектами могут быть промышленные и сельскохозяйственные предприятия, банки, учреждения здравоохранения и образования [27], органы управления и правосудия и другие. Метод был предложен в 1978 г. американскими учеными A. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes [77], которые основывались на идеях M.J. Farrell [82, 83].

Метод DEA основан на построении границы эффективности, которая является аналогом производственной функции для случая, когда выпуск является не скалярным, а векторным, то есть, когда выпускается несколько видов продукции.

Граница эффективности используется в качестве эталона для получения численного значения оценки эффективности каждого из объектов в исследуемой совокупности. Эта граница имеет форму выпуклой оболочки или выпуклого конуса в пространстве входных и выходных переменных, описывающих каждый объект в исследуемой совокупности.

Как следует из названия метода, граница эффективности как бы огибает, или обертывает точки, соответствующие исследуемым объектам в многомерном пространстве (envelopment – обертывание).

Степень эффективности объектов определяется степенью их близости к границе эффективности в многомерном пространстве входов и выходов. Способ построения границы эффективности – многократное решение задачи линейного программирования [10].

Показать работу метода можно на примере производства одного вида продукции u из двух видов ресурсов x_1 и x_2 (см. рис.1.1) [27, 65].

Если считать эффект масштаба постоянным, о котором рассказывается ниже, можно использовать двухмерный график, по осям координат которого откладываются удельные затраты ресурсов, то есть объемы ресурсов x_1 и x_2 на единицу выпускаемой продукции. В результате получаем единичную изокванту, представленную на рисунке 1.1.

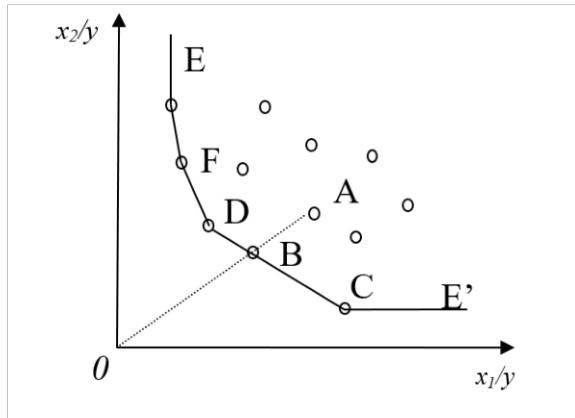


Рисунок 1.1 – График технологии производства с двумя входами и одним выходом

Пусть объект (фирма) A использует ресурсы в объемах, соответствующих точке A на рисунке 1.1. Тогда его техническая (технологическая) неэффективность будет выражаться длиной отрезка BA . Точка B является проекцией точки A на границу эффективности, в этом случае проецирование производится по направлению к началу координат. Длина отрезка BA представляет собой величину, на которую могут быть пропорционально сокращены объемы затрат ресурсов x_1 и x_2 без уменьшения объема выпуска y . В результате имеем подход к определению эффективности называемый ориентированным на вход (в оригинал – input-orientated). Тогда техническая эффективность объекта (производственного комплекса) A будет определяться таким образом:

$$TE_A = \frac{OB}{OA}.$$

На рисунке 2.1 точки B, C, D, F являются эффективными – на их основе формируется граница эффективности. То есть точки, для которых показатели эффективности равны единице. Точка A не лежит на границе эффективности, следовательно, она не является эффективной.

Заметим, что проецирование неэффективной точки на границу эффективности допустимо на основании одного из базовых положений метода DEA. Суть этого положения в том, что, если один объект может использовать входные факторы таким образом, что выпускает из них некоторое количество продукции, то и другой объект – неэффективный – также должен быть в состоянии выпускать такое же количество продукции из такого же количества входных факторов производства. Из рисунка 1.1 видно, что значение технической эффективности не может превышать единицы. При проецировании неэффективного объекта на границу эффективности для него формируется целевой, так называемый, гипотетический объект, который является эффективным. Этот целевой гипотетический объект в математическом смысле представляет собой линейную комбинацию реальных эффективных объектов (под реальным объектом в данном случае, естественно, подразумевается точка в многомерном пространстве). Число объектов, входящих в эту комбинацию, зависит от ряда факторов, в том числе, от количества входных и выходных переменных, описывающих объекты, и от значений этих переменных. Значения входных и выходных переменных целевого объекта служат целями для неэффективного объекта [30].

Рассмотрим суть метода DEA в общем виде. Пусть имеются данные для K входных параметров и M выходных параметров для каждого из N однородных объектов (например, фирмы, заводы, производственные комплексы) [27]. Для i -го объекта они представлены вектор-столбцами x_i и y_i соответственно. Тогда матрица X размерности $K \times N$ и матрица Y размерности $M \times N$ представляют собой матрицы входных и выходных параметров для всех N объектов. Модель формулируется в виде задачи линейного программирования в такой форме [19]:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} f(\theta), \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned} \tag{1.1}$$

где $f(\theta)$ - функция эффективности; θ – скаляр, а λ является вектором констант размерности $N \times 1$.

Полученное при решении задачи значение θ , будет мерой эффективности i -го объекта. При этом эффективность не может превышать единицы. Аналогичная задача решается N раз, то есть для каждого объекта.

Представленная модель (1.1) построена в предположении постоянного эффекта масштаба и в результате ее N -кратного решения формируется граница эффективности в виде выпуклого конуса.

Коническая форма границы эффективности обусловлена тем, что в модели (1.1) нет ограничения на сумму элементов вектора λ , в виде

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1.$$

Поясним смысл вектора λ [27]. Из выпуклого анализа известно, что каждая точка, принадлежащая выпуклому конусу, натянутому на некоторое множество точек, может быть представлена в виде неотрицательной линейной комбинации этих точек [19], то есть в виде $(X\lambda, Y\lambda)$. Часть элементов вектора λ имеют ненулевые значения. Эти элементы соответствуют тем объектам, которые являются эталонными для оцениваемого объекта. Линейная комбинация эталонных объектов и образует гипотетический объект, находящийся на границе эффективности и являющийся проекцией реального неэффективного объекта. В ситуации, представленной на рис. 1.1, эталонами для объекта A являются объекты D и C , поэтому имеет место: $\lambda_D \neq 0, \lambda_C \neq 0, \lambda_A = 0, \lambda_F \neq 0$. Те объекты, для которых значение показателя эффективности θ оказалось равным единице, находятся на границе эффективности. Для объектов, у которых показатель эффективности θ оказался меньше единицы, могут быть выданы рекомендации, заключающиеся в выведении таких объектов на границу эффективности за счет пропорционального сокращения объемов затрачиваемых ими ресурсов при сохранении значений выходных переменных на прежнем уровне. Поэтому приведенная модель называется моделью, ориентированной на вход.

Для построения аналогичной модели (1.1), но в предположении переменного эффекта масштаба:

$$\min_{\theta, \lambda} (\theta),$$

$$\begin{aligned}
 -y_i + Y\lambda &\geq 0 \\
 \theta x_i - X\lambda &\geq 0 \\
 \sum_{i=1}^N \lambda_i &= 1 \\
 \lambda &\geq 0
 \end{aligned} \tag{1.2}$$

При решении этой задачи формируемая граница эффективности имеет форму выпуклой оболочки, поскольку вследствие наложения условия $\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$ гипотетические объекты $(X\lambda, Y\lambda)$ равны выпуклой линейной комбинации эффективных точек. На рис. 1.2 изображены графики обоих моделей для одной и той же совокупности объектов. Предположение переменного эффекта масштаба, определяет множество с объектами различного масштаба выпуска (производства) и затрат в одной выборке [30].

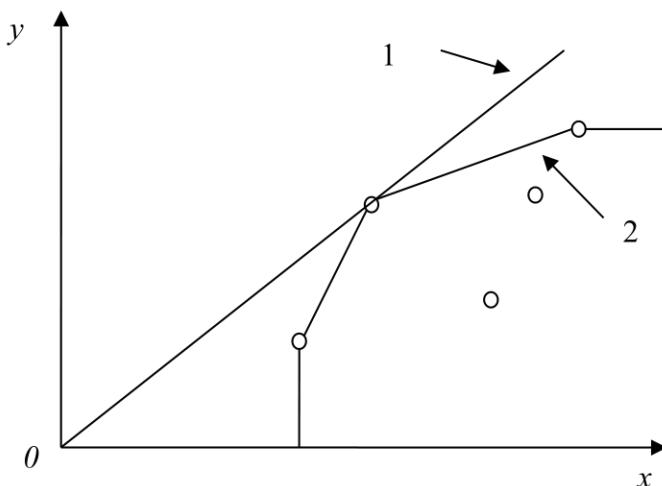


Рисунок 1.2 - Модель, построенная в предположении постоянного эффекта масштаба (1), и модель, построенная в предположении переменного эффекта масштаба (2)

После определения значений θ и построение границы из эффективных объектов, согласно методу, появляется возможность выдать рекомендации неэффективным объектам для вывода их на границу эффективности. Рекомендуемые значения входных переменных рассчитываются по формуле:

$$x_i^{\text{рекоменд}} = \theta x_i, \quad (1.3)$$

где θ – показатель эффективности i -го (неэффективного) объекта, x_i – вектор значений входных переменных для i -го объекта.

Отличительные особенности метода [27, 35] для оценки эффективности предприятий заключаются в следующем:

- Используется один интегральный критерий для оценки эффективности, причем характер критерия может принимать обширный отличительный и целевой оттенок благодаря набору входов и выходов. Таким образом, выбирая наборы входов и выходов, можно получать необходимые критерии оценки эффективности, такие как технологические, экономические или критерии оценки уровня организованности структуры.
- Широк класс объектов исследования, так как большинству объектов можно сопоставить входные и выходные переменные при осуществлении их оценки.
- Входы и выходы модели могут приводиться в различных единицах измерения, что дает возможность для оценки эффективности объектов с разным набором ресурсов и многокомпонентным выпуском.
- Метод позволяет расставлять приоритеты при определении важности отдельных входов и выходов согласно с дополнительными условиями.
- Существует возможность после анализа давать рекомендации для повышения эффективности объекта.
- Формирует Парето-оптимальное множество точек, соответствующих эффективным объектам.

- Не налагает никаких ограничений на функциональную форму зависимости между входами и выходами.
- Не требует первоначального предположения об аналитической форме исследуемых функций.
- Позволяет ранжировать объекты по уровням эффективности.

Помимо рассмотренных особенностей DEA-метод имеет широкое применение в различных узких областях благодаря разработанным способам и его модификациям. Рассмотрим в рамках исследования некоторые модификации метода DEA.

Метод DEA разработан достаточно давно [70], поэтому существует огромное разнообразие модификаций данного метода во многих областях технических исследований [66], включая социально-экономические системы, медицинские науки, применения в построении физико-математических моделей, предложенных Лычевым А.В. и Сафиным М.М. [29, 58]. А также метод является основой для построения многомерной классификации сложных систем различного назначения [27-37].

Требования к модификации DEA, необходимые для применения ее при оценке производств переработки:

- модификация метода должна позволять оценивать производства в независимости от их территориального расположения, то есть учитывать отличающийся состав сырья;
- модификация метода должна учитывать технологические различия предприятий при внедрении на них технологий, повышающих сортность продукции (глубину переработки).

Опишем наиболее встречающиеся модификации DEA. Такими являются стандартные модели с постоянным и переменным эффектом масштаба соответственно CRS и VRS (Constant Return to Scale, Variable Return to Scale). Переменный эффект масштаба подразумевает оценку показателя эффективности объектов, имеющих разные по масштабу мощности для производства или отличающиеся масштабами производства в отличие от постоянного эффекта масштаба. Таким образом, можно сравнивать заводы, выпускающие одни и те же товары,

но отличающиеся, например количеством цехов, или производственных площадей. Это влечет за собой несоизмеримое потребление сырья и других ресурсов производства, но и аналогично больший выпуск продукции [27]. При этом нельзя сказать, что один завод, выпуская больше продукции, работает эффективнее, так как у завода, имеющего меньшее потребление, может иметься оптимальная переработка имеющихся ресурсов в полезные товары с минимальными отходами.

Некоторые наработки [64] позволяют определять степень влияния каждого входа или выхода на эффективность объекта в целом (группы объектов), с целью учитывать акценты при определении эффективности.

Другие модификации, такие как BCC, FGL, CTT и прочие имеют свою область применения [66, 67], в основном для оценки банков, рейтинговых сетей, учебных заведений, госпиталей. Такие модификации как DEA–BSC [86] разработаны для оценки портфелей проектов при многокритериальном анализе.

Одной из задач настоящей работы является построение методики на основе разработанной модификации метода DEA, учитывающей дополнительные факторы, и применимой для оценки показателей эффективности перерабатывающих предприятий.

1.1.2 Учет дополнительных факторов при оценке сравнительной эффективности предприятий

В рассмотренных в предыдущем параграфе модификациях и в [62] не учитываются факторы, имеющие существенное влияние при оценке технической эффективности перерабатывающих предприятий. Обозначенные там же требования к модификации DEA-метода определяют факторы, которые должны быть отражены в новой модификации. Выделим эти факторы:

- фактор, учитывающий расположение предприятий на разных территориях с особенностями используемого сырья;

- фактор, учитывающий применяемые при производстве технологии, способствующие выпуску продукции более высокого качества.

В качестве целевой оценки эффективности в работе выбрана так называемая техническая эффективность [27-31], которая предполагает максимизацию выпуска продукции при неизменных затратах ресурсов. Техническая эффективность в отличие от эффективности распределения [27], экономической и других [4, 5, 21-25], определяет типы факторов, влияющие на эффективность, связанную с выпуском:

- качество и особенности сырья, используемого для переработки;
- организация технологий производства;
- ускорение научно-технического прогресса;
- специфика производства и отрасли;
- управление издержками;
- обновление производственных фондов
- другие.

Модифицируя модель DEA, необходимо выбирать комплексные коэффициенты, учитывающие как большинство особенностей перерабатывающих предприятий, так и наиболее значимые факторы влияния. При этом зависимость влияния некоторых факторов на эффективность предприятий является трудно оцениваемой в количественном выражении.

Рассмотрим причины существенного влияния факторов «технологии» и «сырья», приведенных выше. Начнем с того, что данные факторы решают две основные задачи при оценке перерабатывающих производств, когда осуществляется выпуск нескольких видов продукции и используется многокомпонентный (смешанный) тип сырья. Таким образом, использование фактора «сырья» позволяет решать следующие задачи [23, 54-59]:

- учет географического расположения предприятий относительно друг друга;

- многокомпонентный состав сырья изменяется в зависимости от территории его происхождения или расположения;
- использование определенных компонентов сырья при выпуске определенных видов продукции на одном предприятии.

В дополнение к рассмотренным, определим задачи, решаемые с использованием факторов «технологии»:

- учет особенностей организации производства;
- организация управления с помощью средств АСУ;
- учет обновленности производственных фондов;
- применение современных технологий выпуска продукции;
- применение способов контроля качества производства и выпускаемой продукции.

Очевидно, что при учете факторов сырья и технологии решается ряд задач, которые определяются влиянием существенных особенностей перерабатывающих предприятий при оценке их эффективности. Чтобы учесть данные факторы, модифицируем метод DEA.

1.1.3 Обоснование и разработка модификации метода DEA

Для выполнения модификации модели DEA сформулируем особенности, которыми она должна обладать.

- Модификация должна подходить для оценки перерабатывающих производств, где присутствуют виды сырья в виде входов и получаемые (перерабатываемые) компоненты в виде выходов [66, 69].
- Модификация должна решать задачу оценки эффективности предприятий, имеющих модернизированные линии переработки, отдавая им приоритет, как предприятиям,

выпускающим более качественный, а значит более приоритетный продукт.

- Необходимо учитывать при оценке эффективности геоэкономическое расположение предприятия, так как эта особенность влияет на использование отдельных компонентов сырья в производстве продукта. Если компонентов в сырье не хватает физически из-за особенностей региона, то при оценке эффективности предприятий, которые его получают, одно предприятие будет вырабатывать больше продукции за счет быстрого возобновления поставок, другое не сможет выйти на аналогичный уровень выработки, так как особенности регионального сырья этого не позволят.
- Модификация метода DEA, должна выдавать Парето оптимальные эффективные объекты [3-11].

Основываясь на приведенных выше требованиях и рассмотренных модификациях DEA, предлагается модификация, необходимая для расширенной оценки производств.

Применение классического метода неэффективно для перерабатывающих производств, находящихся в отдаленных друг от друга регионах, а также использующих технологии, которые отличают их по сортности выпускаемой продукции. В этой связи классический метод DEA может давать оценки показателя эффективности, которые в отдельных случаях не отражают реальную ситуацию. Поясним факторы, влияющие на приближение оценок эффективности к достоверным.

Первым фактором является компонентный состав сырья, используемого предприятиями, с концентрациями веществ в нем, которые зависят в свою очередь от территории, где это сырье добывается. Данный фактор учитывается путем построения матрицы концентраций компонентов сырья по регионам, и расчета поправочных коэффициентов для выходов модели, характеризующих выпуск продукта, использующего компонент сырья. Назовем данный фактор «сырьевой дифференциацией».

Второй фактор характеризуется применяемыми при переработке технологиями, которые отражаются в модели (аналогично с первым

фактором) в виде поправочных коэффициентов. В этом случае предприятия, использующие современные технологии производства и управления, которые выражаются в более высоком качестве (сорте) выпускаемых продуктов, получают посредством коэффициентов модели более высокую оценку эффективности, при одинаковом количественном выпуске (например, когда качество выпуского продукта выросло, а его количественный выпуск остался прежним). Назовем фактор, связанный с технологией, «дифференциацией по технологии».

Рассмотрим предложенную модификацию DEA-метода, устраняющую указанные ранее ограничения классической модели.

Модификация DEA-метода строится на базе так называемой модели DEA, ориентированной на выход (output-oriented), которая предполагает, что главной целью модели является максимизация выпуска продукции без увеличения затрат входных ресурсов.

В выход-ориентированной модели DEA будет учитываться сырьевой фактор с помощью ввода коэффициентов сырьевой дифференциации для выходов модели. Постановка задачи:

$$\begin{aligned}
 & \max_{\theta, \lambda} f(\theta), \\
 & -\theta u_k \cdot y_k + Y\lambda \geq 0, \\
 & x_k - X\lambda \geq 0, \\
 & \lambda \geq 0, \\
 & \sum_{k=1}^N \lambda_k = 1, \\
 & u_k^j > 0,
 \end{aligned} \tag{1.4}$$

где u_k^j – элементы матрицы размерности $M \times N$, коэффициенты для выходов y_k модели DEA, учитывающие фактор сырьевой дифференциации; $k = \overline{1, N}$ – порядковый номер предприятия; $j = \overline{1, M}$ – порядковый номер выхода предприятия; N – количество оцениваемых предприятий; M – число строк, максимальное количество выходов, характеризующих выпуск продукции при оценке предприятий; θ – показатель технической эффективности предприятия, учитывающий сырьевую дифференциацию.

Элементы матрицы коэффициентов u_k^j используются в столбцах u_k при нахождении показателя эффективности каждого предприятия, и рассчитываются из матрицы P , которая является матрицей значений компонентов сырья. Учитывая, что число регионов (разнообразие наборов концентраций сырья) больше, чем количество расположенных в них предприятий, а также то, что в одном регионе находится несколько предприятий, введем индекс r региона при оценке коэффициента u_k^j . Зададим коэффициент j –го выхода k –го столбца матрицы u с помощью элементов матрицы P :

$$u_k^j = \frac{\sum_{k=1}^R p_k^j}{R \cdot p_k^j}, \quad (1.5)$$

где p_j^k - элемент матрицы компонентов сырья; R – число исследуемых регионов; k - номер региона; j - номер выходного компонента.

Из перерабатываемого предприятиями сырья получаются не только полезные продукты, представляемые в виде набора выходов DEA-модели, а также отходы в виде выхода y_{x6} [31,48], который не используется при расчетах показателя эффективности, но имеет значение при определении матрицы значений компонентов сырья. Тогда для матрицы u_k^j зададим следующие ограничения:

$$\begin{aligned} y_{x6} &= \sum_{l=k}^L u_r^l, \\ l &= \overline{1, L}, \\ r &= \overline{1, R}, \\ k &= \overline{1, N}, k \in r, \\ j &= \overline{1, M}, j \in l, \end{aligned} \quad (1.6)$$

где r – индекс региона из числа исследуемых R ; l – индекс компонента сырья из числа возможных L .

Элементы матрицы p_r^l задаются в процентах, поэтому должно выполняться условие $\sum_{r=1}^R p_r^l = 100$. Это предполагает баланс всех веществ, входящих в сырье, с учетом выхода отходов.

Рассмотрим вторую часть модификации метода DEA, учитывающую дифференциацию по технологии. Добавим весовой коэффициент,

зависящий от применения «модернизированной» технологии выпуска продукта для определенного предприятия (группы предприятий), имеющего q технологию производства или способа управления, влияющую на сортность выпуска продукта j , $q = \overline{1, Z}$, Z – число возможных технологий для отрасли. Тогда

$$\begin{aligned} & \max_{\theta, \lambda} f(\theta), \\ & -\mu_k^{qj} \cdot \theta y_k + Y \lambda \geq 0, \\ & x_k - X \lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0, \\ & \sum_{k=1}^N \lambda_k = 1, \\ & \mu_k^{qj} > 0, \end{aligned} \tag{1.7}$$

где μ_k^{qj} – элементы матрицы, размерности $M \times N$, соответствующие коэффициентам для выходов y_k модели DEA, учитывающие фактор дифференциации по технологии; q_j – характеристика технологии, проявляющаяся в повышении качества продукта на j -м выходе при оценке производств; θ – показатель технической эффективности предприятия, учитывающий различия в применяемых технологиях при переработке.

Коэффициент μ_k^{qj} , характеризующий технологию, применяемую при производстве выпуска j , рассчитывается, исходя из оценки условной стоимости выпуска продукта, его сортности, качества по сравнению с аналогичным выпуском других производств. Превосходство применяемых на k -м предприятии технологий определяется по формуле:

$$\mu_k^{qj} = \frac{C_k^j}{C_{\min}^j}, \tag{1.8}$$

при $C_k^j \leq C_{HTP}^j$, $C_{\min}^j > 0$,

где j – характеризует оцениваемый выходной продукт переработки на k -м предприятии; C_{\min}^j – оценка условной стоимости выпуска

продукции, минимальная по всему набору оцениваемых предприятий, на j -м выходе; C_k^j - оценка условной стоимости выпуска продукции на j -м выходе; C_{HTP}^j - оценка условной стоимости выпуска с помощью технологии, возможной при данном научно-техническом развитии отрасли переработки.

C_{\min}^j характеризует условную стоимость выпуска при стандартных технологиях переработки, а C_k^j условную стоимость выпуска с использованием технологий более высокого класса оцениваемого предприятия.

На основе (1.4) и (1.7) получим общую модификацию метода DEA (1.9), которая включает оба коэффициента и учитывает как фактор сырьевой дифференциации, так и дифференциацию по технологии.

$$\begin{aligned}
 & \max_{\theta, \lambda} f(\theta), \\
 & -\mu_k^{qj} \cdot u_k^j \cdot \theta y_k + Y\lambda \geq 0, \\
 & x_k - X\lambda \geq 0, \\
 & \lambda \geq 0, \\
 & \sum_{k=1}^N \lambda_k = 1, \\
 & u_k^j > 0, \\
 & \mu_k^{qj} > 0.
 \end{aligned} \tag{1.9}$$

После определения объектов оценки выбирается модификация DEA-метода или необходимая ее часть с учетом (1.4), (1.7), (1.9) и оценивается показатель эффективности предприятий при наличии соответствующих факторов. В случае если коэффициенты не имеют значения для определенного предприятия, они приравниваются к единице ($\mu_k^{qj}=1$ или $u_k^j=1$) и считается, что они не влияют на общий ход оценки эффективности.

1.2 Методика оценки эффективности ОТК предприятий

1.2.1 Построение методики оценки эффективности предприятий

Разработанные модификации метода DEA представляют собой отдельные модели, которые могут использоваться при оценке эффективности в случаях действий отдельных факторов (1.5), (1.8) или, применяя (1.9), учитывать оба фактора. С целью построения модельно-алгоритмического обеспечения подсистемы ОТК необходимо объединить предложенные модификации с классической моделью и реализовать в виде методики оценки эффективности.

Так как методика будет учитывать расположение предприятий (внешний фактор) и применяемые на предприятии технологии (внутренний фактор), предлагается обозначить методику аббревиатурой DEAMEXIN (англ. Data Envelopment Analysis Methodology of EXternal & INternal).

Рассмотрим описание методики оценки, которая расширяет применение модификаций метода DEA. Методика оценки строится путем алгоритмизации моделей DEA, и приводится на рис. 1.3.

Анализ местности проводится с целью распределения объектов по геоэкономическому положению, которое влияет на полиморфный состав сырья. Определяется характеристика территории и диверсификация предприятий по хозяйственным особенностям региона.

Регионы, имеющие отношение к одной или схожим областям [41, 51-59] обладают однородным сырьем, соответственно производится определение эффективности предприятий по базовой методике, основанной на классическом подходе по методу DEA. В противном случае выполняется анализ сырья на однородность в исследуемых регионах.

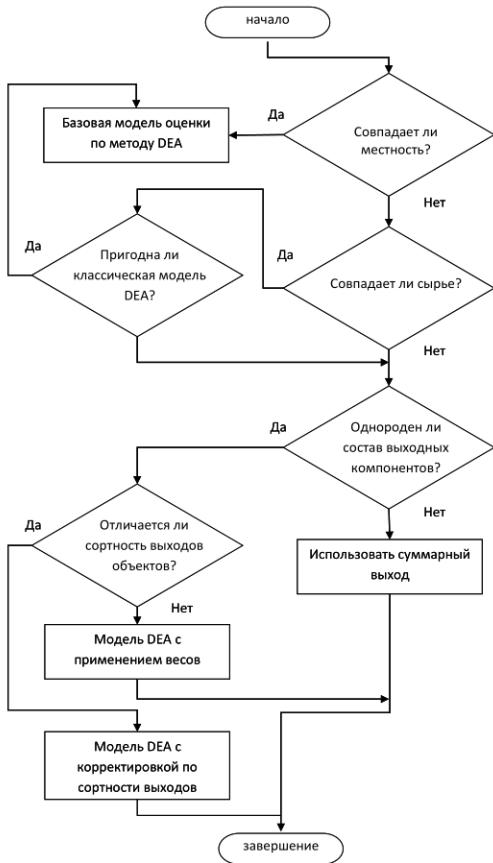


Рисунок 1.3 – Схема методики оценки эффективности предприятий

Базовая модель оценки по методу DEA применяется при однородном составе сырья, учитывается, что предприятия находятся в одинаковых условиях и равноправны в определении показателя эффективности. Базовая модель DEA предполагает оценку эффективности по набору входов и выходов, которые определяются до начала анализа. Так при наличии одного условного ресурса и получении из него двух продуктов у каждого из объектов будет сформирована модель с одним входом и двумя выходами.

Задается система ограничений для набора предприятий одной отрасли [36] по выход-ориентированной DEA-модели в предположении переменного эффекта масштаба:

$$\begin{aligned}
 & \max_{\theta, \lambda} f(\theta), \\
 & -\theta y_k + Y\lambda \geq 0, \\
 & x_k - X\lambda \geq 0, \\
 & \lambda \geq 0, \\
 & \sum_{k=1}^N \lambda_k = 1.
 \end{aligned} \tag{1.10}$$

Мера технической эффективности θ определяет предприятия с максимальным выпуском продукции при постоянном потреблении. На основе результатов формируются совокупности эффективных и неэффективных предприятий.

Рассмотрим построение входов и выходов для модели DEA на примере заводов переработки отходов. В начале берутся во внимание вещества, охватывающие большую долю рынка отходов, выделяемые путем сортировки, так называемые, коммерческие отходы [53]. Базовая модель оценки по DEA строится на семи выходах и одном входе. Включает семь компонентов: бумага, картон, стекло, пластик высокого и низкого давления, черные и цветные металлы. Вход - это смешанные отходы в качестве необходимого для переработки сырья. Дополнительный выход характеризует хвосты производства и используется в модификации метода DEA, представленной в [30,48,65], для определения так называемой «полной эффективности». На рисунке 1.4 показана схема входов и выходов перерабатывающего предприятия.



Рисунок 1.4 – Схема входов и выходов производства

Анализ сырья производится после определения геоэкономического положения предприятий. На этом этапе определяется, насколько схожи предприятия, относящиеся к разным регионам, и каков состав используемого сырья.

На этапе анализа многокомпонентного сырья определяется не только компонентный состав, но и состав по концентрациям компонентов. Таким образом, выделяется набор предприятий, отвечающих стандартному качественному составу сырья объектов и производится определение их эффективности по базовой методике.

Например, анализ сырья в случае мониторинга предприятий, перерабатывающих отходы, производится несколькими путями:

- определением процентного состава по производственным и экономическим данным потребления и получения после использования продуктов отходов (входная статистика, плановая);
- определением процентного содержания полезных веществ в отходах по статистическим данным городских служб за текущий период (выходная статистика, по факту);
- контрольным замером с целью определения состава (средствами перерабатывающего завода под наблюдение контролирующей комиссии).

Определение пригодности базовой модели DEA. После анализа сырья необходимо принять решение о возможности включать предприятие в равноправную выборку для оценки по заданному числу входов и выходов. Для определения правомерности включения достаточно установить процент отклонения (дисперсию) от некоторого среднего значения каждого выхода (выпуска продукции) предприятия [9-12].

Регионы, не попадающие в расчетные границы дисперсии, исключаются из выборки для оценки по базовой методике и анализируются на следующей ветке методики.

Определение однородности состава выходных компонентов. Возможность точно определить состав компонентов сырья и их концентрацию не всегда реализуема, поэтому предлагается

использовать компромиссный суммирующий выход. Одной из причин использования суммарного выхода является отсутствие типов компонентов сырья или его крайне малое количество у отдельно взятых оцениваемых предприятий. В том случае, когда состав компонентов определен, в работе предлагается использовать модель DEA с дифференциацией по сырью.

Модель DEA с применением весов для каждого региона с отличительными характеристиками сырья позволяет предприятию и (или) группе предприятий в одном регионе конкурировать по эффективности их функционирования с аналогичными предприятиями из других регионов, нейтрализуя такой фактор, как состав сырья переработки. Веса для выходов задаются посредством анализа сырья. Определение и применение весовых коэффициентов предложено в модификации модели DEA (1.4).

Использование суммарного выхода. Необходимо в тех случаях, когда нет возможности определить количественный и качественный состав выходных компонент, и при наличии разных наборов выходов. Использование его более универсально при оценке, но при наличии информации обо всех выходах предоставляет более грубый анализ показателя эффективности по сравнению с модификацией DEA.

В этом случае в качестве модели используется базовая модель DEA, но в качестве выходов применяется один единственный выход, суммирующий выходные параметры. Пример суммирующего выхода представлен на рисунке 1.5. Если поставлена задача сокращения отходов, выход y_{xb} минимизируется согласно [64].

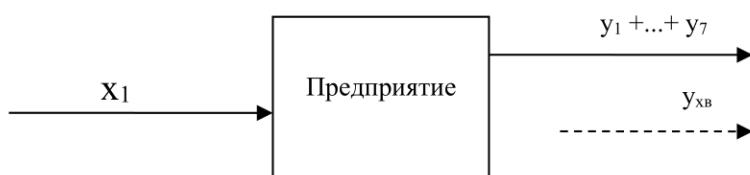


Рисунок 1.5 – Использование суммарного выхода

Если анализ сырья дает информацию о суммарных оценках в определенных группах выходных компонентов, то используют суммирование выходов по группам.

Модель DEA с корректировкой по сортности выходов применяется при наличии у предприятия выпуска продуктов более глубокой переработки, в сущности, представляющий тот же выход, только выпускается продукт более высокого качества. Применение этого подхода позволит убрать дискриминацию при оценке эффективности в тех случаях, когда предприятие имеет более качественную выработку продукции по отдельным выходам, но проигрывает по количественному показателю этих выпусков продукции.

Подход обосновывается тем, что, например, завод, выпускающий меньшее количество более качественного потребительского товара, должен рассчитывать на более высокий технологический уровень. Согласно с этим, данное предприятие должно иметь более высокий показатель эффективности, чем предприятие, выпускающее конкурентный товар в том же или большем количестве, но имеющий меньшую покупательную способность по сравнению с первым. Применение данной модели связано с модификацией метода DEA по формуле (1.7) и подробно описано в п.1.1.3.

1.2.2 Пояснения и замечания к методике оценки эффективности предприятий

Описанная методика в полной мере выполняет свои функции в том случае, если анализируется эффективность предприятий одного типа, которые можно отнести к определенной ветке методики. Поэтому существуют возможные ситуации, связанные с применением методики, когда анализируется набор предприятий, в котором предприятия относят к разным ветвям методики.

Приведем дополнительные пояснения к методике DEAMEXIN. Самой распространенной ситуацией является проблема отнесения определенного предприятия к одной из веток методики для оценки его эффективности, а также наличие в исследуемом наборе предприятий, одновременно относящихся к разным ветвям методики. Тогда

возникает вопрос оценки таких предприятий в данном наборе. Характеристики ветвей методики даны в табл.1.1.

Таблица 1.1 – Характеристики ветвей методики DEAMEXIN

Ветвь алгоритма	Характеристика
Базовая модель DEA	Дает хорошие результаты при нахождении предприятий на одной территории и одинаковом влиянии на них внутренних и внешних факторов (технологической и сырьевой дифференциации).
Суммарный выход	Дает хорошие результаты при известных суммарных выходах, но снижается качество оценки в случаях наличия характеристик производительности по отдельным выходам (известных матрицах сырья и оценках технологий).
Модель DEA с применением весов	Дает более точные показатели эффективности в неравноправных условиях, «выравнивая» предприятия на оценочном уровне, но требует дополнительной информации о концентрациях веществ в сырье.
Модель DEA с корректировкой по сортности выходов	Дает более качественные оценки при анализе предприятий, имеющих выпуск продукции с использованием новых технологий, которые отражаются на сортности или качестве аналогичного продукта.

Опишем возможные ситуации, связанные с работой методики. Введем дополнительные обозначения (1.11) и (1.12).

$$A = \left\{ A_k, k = \overline{1, N} \right\}, \quad (1.11)$$

$$A_k = \left\{ \Omega_\beta, \beta = \overline{1, B} \right\}, \quad (1.12)$$

где A - множество оцениваемых объектов; A_k - k -е производство, наделяется набором свойств Ω_β , $\Omega_\beta = (\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4)$, при свойстве $\omega_y=1$

объект A_k обладает свойством ω_y , а свойства $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ – определяют отношение объекта A_k к одной из четырех ветвей методики, соответственно, базовая модель DEA, суммарный выход, модель DEA с применением весов, модель DEA с корректировкой по сортности.

Таким образом, если объект обладает одновременно свойствами ω_1 и ω_2 , то эффективность считается по суммарному выходу, так как состав компонентов разнится.

Если объект обладает свойствами ω_1 и ω_3 или ω_4 , то эффективность предпочтительнее считать по модели с применением коэффициентов сырья или технологии для получения более точных оценок.

Если объект обладает свойствами ω_2 и ω_3 или ω_4 , то эффективность считается по суммарному выходу.

Если объект обладает исключительно свойствами ω_3 или ω_4 , то преимущество отдается подсчету по модели с корректировкой по сортности выходов вместе с коэффициентами весов сырья.

После получения оценок согласно методике анализа проводится распределение производств на эффективные и неэффективные и выдаются рекомендации неэффективным предприятиям.

1.3 Определение комплексных критериев оценки эффективности ОТК предприятий

Понятие «эффективность», отражает степень соответствия системы своему назначению, ее техническое совершенство и экономическую целесообразность, а количественные показатели эффективности в общем случае представляют собой функции множества параметров реализуемых алгоритмов (управление), множества параметров ее элементов и множества параметров (факторов) внешней среды, влияющих на функционирование системы [8-13]. Смысл критерия эффективности производства вытекает из необходимости максимизации получаемых результатов или минимизации

производимых затрат, исходя из поставленных целей развития предприятия [51].

Выделяют обобщенные критерии эффективности объектов управления, технические (в основном уровень АСУТП) и экономические. Например, доля прироста продукции за счет увеличения производительности труда, трудоемкость единицы продукции, материалоемкость единицы продукции, коэффициент использования важнейших видов сырья и материалов [59]. К оценке эффективности производств применимы все три типа.

Попробуем сформулировать наиболее подходящие. Судя по литературе [8, 51-59] критерии также делятся на интегральные и частные по отдельным параметрам. Частными являются, например, количество вида произведенной продукции, количество затраченной энергии, постоянные расходы на содержание производства. К интегральным критериям можно отнести максимальные затраты энергии, материалов, труда на единицу произведенной продукции, максимальный полезный выход продукта при минимальном браке или при минимальной затрате ресурсов.

Метод DEA отвечает требованиям интегрального критерия комплексной оценки эффективности предприятий. Поэтому можно составить набор критериев из входов и выходов модели, что позволит проанализировать эффективность ряда предприятий. Это создаст базу для выдачи рекомендаций и повышения эффективности работы предприятия, и в зависимости от критериев, определит направления работы подсистемы мониторинга в ОТК.

Пусть $K_{\text{эфф}} -$ критерий эффективности по методу DEA, имеющий несколько параметров, определяющих работу производства, тогда

$$K_{\text{эфф}} = f(d_1, \dots, d_u, \dots, d_U), \quad (1.13)$$

где d_u – входной или выходной параметр модели DEA, при $u = \overline{1, U}$; $U = i + j$ - количество возможных параметров для составления критериев по методу DEA; i и j – индексы входов и выходов, определяемые для модели DEA.

Выделим применительно к предприятию следующие критерии эффективности [76, 83, 87-94].

1. Эффективная производительность [8].

Для перерабатывающих заводов эффективная производительность будет складываться как максимальная выработка полезных продуктов из единицы сырья. В результате чего на заводах, при одних и тех же затратах сырья, получается разная выработка полезных продуктов. В связи с этим наборы параметров d_u будут принимать следующие значения:

- входные величины: x_1 – объем сырья для переработки;
- выходные величины: $y_1 \dots y_j$ – переработанное в полезные продукты сырье.

По результатам анализа, например, даются рекомендации по повышению выработки отдельных компонентов за счет уменьшения брака или отходов производства.

2. Экологическая эффективность [31,67].

Экологическая эффективность выражается количеством поступившего на производство сырья и количеством образовавшихся при этом неиспользуемых хвостов, которые необходимо минимизировать [31]. Наборами параметров d_u будут:

- входные величины: x_1 – объем сырья для переработки;
- выходные величины: y_1 – не переработанные остатки (отходы)
- хвосты.

Результатом анализа будут рекомендации по сокращению отходов до эталонных значений с целью повышения экологической отдачи предприятий.

3. Энергоэффективность.

Определяется количеством затраченной энергии на единицу переработанного компонента или группы компонентов. Наборами параметров d_u будут:

- входные величины: x_1 – совокупный показатель затрат энергии;
- выходные величины: $y_1 \dots y_j$ – рассортированные и переработанные компоненты.

В результате анализа можно дать рекомендации заводам по уменьшению затрат на переработку, которые показали высокие затраты энергии на производство одинакового объема.

4. Удельный вес высокотехнологичной продукции в общем объеме производства [42].

5. Технический уровень продукции по сравнению с аналогами [42].

6. Критерии, связанные с надежностью и долговечностью. Относятся к АСУТП и техническим средствам, обеспечивающим технологическую связь и поддержание работы элементов ОТК [4].

Из требуемых параметров составляется критерий эффективности с помощью моделей DEA. В данной работе рассматривается в качестве основного критерия техническая эффективность (эффективная производительность), которая определяется для перерабатывающих производств.

В качестве входных параметров при апробации на перерабатывающих предприятиях берется сырье в виде массы отходов жизнедеятельности города, а выходами соответственно будут переработанные компоненты отходов, имеющие коммерческую стоимость.

1.4 Алгоритм реализации методики оценки эффективности ОТК предприятий

Эффективное применение методики DEAMEXIN вместе с пояснениями ее работы для мониторинга ОТК достигается за счет

алгоритмизации. Алгоритм оценки эффективности предприятий по данной методике представлен на рис. 1.6.

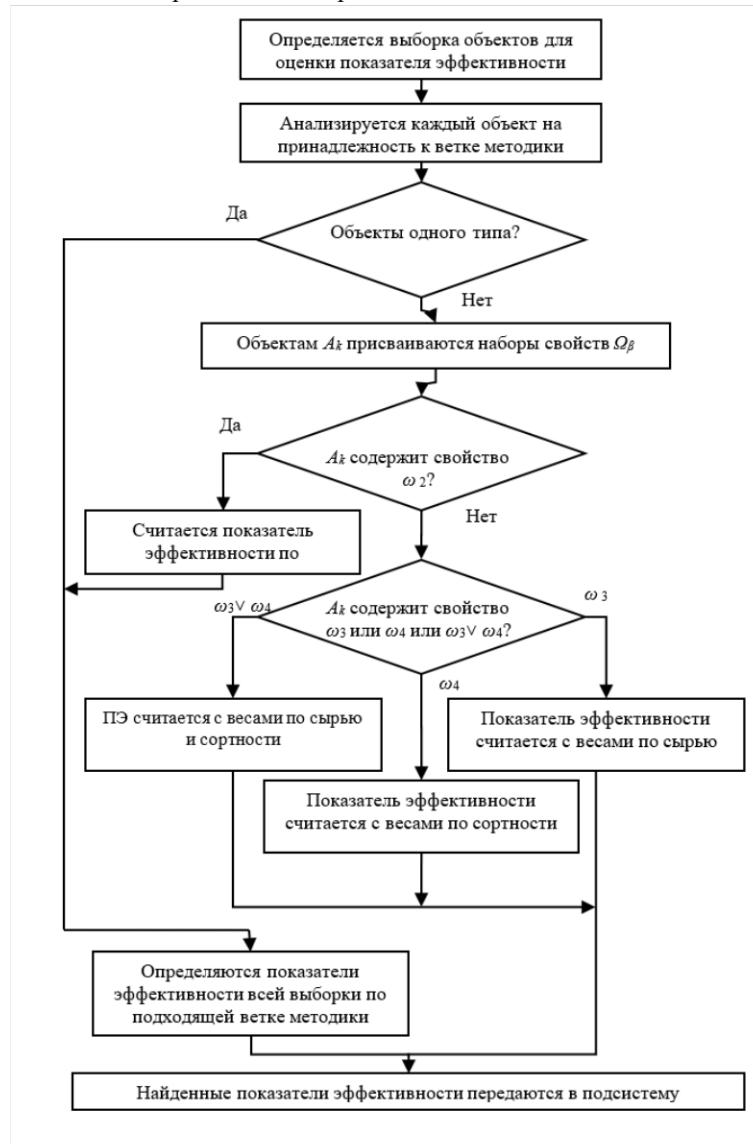


Рисунок 1.6 – Алгоритм применения методики оценки эффективности ОТК.

Последовательность проведения оценки показателей эффективности в ОТК выглядит следующим образом. В начале определяется набор предприятий для оценки их эффективности. Каждое предприятие анализируется на принадлежность к одному из классов объектов согласно методике. В случае если объекты принадлежат разным веткам DEAMEXIN, применяются дополнительные правила.

Применение модели DEA с суммарным полезным выходом компонентов для всех объектов происходит в случае, когда в выборке содержатся предприятия, имеющие свойство ω_2 . Если в анализируемом наборе содержатся предприятия со свойством ω_3 , применяется общая модификация DEA (1.9), а коэффициенты дифференциации по сырью $u_k^{j=1}$ для объектов с ω_1 и ω_4 . Аналогично, когда в анализируемом наборе содержатся предприятия со свойством ω_4 , применяется (1.9), а коэффициенты по технологии $\mu_k^{qj}=1$ для объектов с ω_1 и ω_3 .

При анализе эффективности по ветвям методики запрашиваются необходимые расчетные коэффициенты учета факторов $u_k^{j=1}$ и μ_k^{qj} . По собранным данным, расчетным коэффициентам и выбранным формулам, определяются показатели эффективности предприятий.

Выводы по главе 1

Рассмотрен метод Data Envelopment Analysis, который позволяет осуществлять оценку эффективности предприятий. Особенностью DEA-метода является определение интегрированного показателя эффективности каждого объекта по векторному входу и выходу, и возможность задавать весовые коэффициенты как для входов, так и для выходов. Рассмотрены модификации метода DEA, которые позволяют находить эффективные производства по максимальному выпуску продукции при тех же затратах, по минимальным затратам ресурсов для выпуска одного и того же количества продукции. Другие модификации метода, которые рассмотрены в рамках работы, предназначены для оценки эффективности в специализированных предметных областях, таких как лечебные учреждения, социально-экономические объекты, а также для построения физико-математических моделей.

В области оценки предприятий авторами не было найдено соответствующих модификаций, поэтому была разработана модификация метода DEA, позволяющая определять показатель эффективности с учетом двух групп факторов. Факторы, влияющие на показатель эффективности, выражаются в коэффициентах для выходов модели DEA. Первый фактор позволяет учитывать концентрацию компонентов сырья, используемого в производстве определенных видов продукции, заданных в виде выходов модели DEA. Второй фактор значим, когда оцениваются предприятия, использующие современные технологии производства и управления, которые отражаются в более высоком качестве (сорте) выпускаемых продуктов отдельными предприятиями. Получаемые эффективности предприятий с помощью модифицированной модели DEA более полно отражают разницу в оценках показателей эффективности по сравнению с не модифицированной моделью, в том случае, когда при оценке предприятий данные факторы имеют место и не учитываются в исходной модели.

На основе DEA-моделей и модификации метода DEA была разработана методика DEAMEXIN определения показателя эффективности предприятий. Разработанная методика позволяет соотносить оцениваемый набор предприятий к одному из четырех

видов расчетов эффективности. Каждый вид расчета эффективности характеризуется используемыми моделями или модификациями моделей DEA, применяемыми коэффициентами учета дополнительных факторов, наборов выходов модели DEA. В методике выделяются следующие виды расчетов эффективности: расчет по модели DEA с одним входом (сырье) и M выходами (типы выпуска продукта); расчет по модели DEA с одним входом (сырье) и суммарным выходом (выпуском продуктов); расчет по модификации модели DEA с учетом фактора сырья; расчет по модификации модели DEA с учетом фактора технологии.

Для расширения возможностей применения методики для оценки предприятий выполнена алгоритмизация методики DEAMEXIN. Алгоритм учитывает дополнительные правила работы методики. Дополнительные правила заключаются в логическом наделении каждого оцениваемого предприятия набором свойствам, относящим его к определенной ветке методики. После этого выделяется основная категория предприятий, обладающих доминирующим свойством согласно дополнительным правилам методики. Далее определяются показатели эффективности каждого из предприятий по основным правилам методики DEAMEXIN.

2 Мониторинг эффективности ОТК предприятий

В данной главе рассматриваются особенности, требования и архитектура подсистемы мониторинга автоматизированных систем управления производством. Приведенная в работе методика оценки сравнительной эффективности ОТК предприятий реализована в рамках разработанной подсистемы.

2.1 Способы осуществления мониторинга эффективности ОТК предприятий

Мониторинг — это процесс систематического или непрерывного сбора информации о параметрах сложного объекта или деятельности для определения тенденций изменения параметров. Наиболее близкий русский эквивалент слова «мониторинг» — отслеживание [46]. Одной из важнейших частей любой современной сложной производственной системы, является подсистема мониторинга состояний как ее элементов (сложных технических объектов), так и самой производственной системы в целом [44].

Мониторинг состояния предполагает получение в явном виде обобщенных оценок выполнения программы функционирования рассматриваемого объекта, степени его работоспособности, места и вида возникшей неисправности, оценок прогнозируемых явлений и процессов с заданной точностью и интервалом прогноза, с учетом конкретных целей и условий эксплуатации на различных этапах его функционирования. Основным элементом системы мониторинга является функциональный элемент этой системы, решающий задачу по сбору, обработке и анализу всех видов измерительной информации для произвольного типа и количества конечных пользователей системы мониторинга.

Преимущества, получаемые при внедрении комплексного мониторинга эффективности [5]:

- принципиальное повышение степени независимости, объективности и оперативности в оценке производственных и экономических процессов;
- создание необходимой основы для дальнейшего совершенствования инструментов стратегического управления предприятием, в частности, при проведении инвестиционных операций;
- формирование необходимой информационно-аналитической базы для решения практических вопросов по реструктуризации и диверсификации деятельности, в первую очередь на уровне отдельных производств.

Система мониторинга является основой комплексной реструктуризации деятельности организационно-технологического комплекса, осуществляющей через реинжиниринг бизнес-процессов. Реинжиниринг заключается в фундаментальном переосмыслении и радикальном перепроектировании бизнес-процессов в ОТК для достижения коренных улучшений в основных показателях ее деятельности [5].

Функциональным элементом в информационной технологии поддержки мониторинга является типовой модуль автоматизации, объединяющий в себе систему поддержки интерфейса «человек-машина» и программное обеспечение операторских станций АСУ [44]. Рассмотрим основные понятия, которыми оперируют при изучении и построении мониторинга.

Состоянием системы называют совокупность свойств, признаков (параметров) системы, которые отражают наиболее существенные стороны функционирования системы.

Внешняя среда – это объекты, не принадлежащие рассматриваемой системе, но оказывающие на нее влияние.

Функция системы (*function* - лат. - исполнение, совершенствование) характеризует проявление ее свойств в данной совокупности

отношений и представляет собой способ действия системы при взаимодействии с внешней средой.

Структурой системы называют характеристики устойчивых связей и способов взаимодействия элементов системы, определяющей ее целостность, строение, основы ее организации. Применительно к сложным системам, к которым относят и перерабатывающие предприятия, в первую очередь, различают следующие основные типы структур [5,10,44]:

- структуру целей, функций и задач, решаемых сложной системой;
- организационную структуру;
- техническую структуру;
- топологическую структуру;
- структуру программно-математического и информационного обеспечения;
- структуру технологии управления сложной системой.

Определим понятия, связанные с состоянием предприятия.

Макросостояние предприятия – это обобщенное состояние производственной системы, в котором могут одновременно находиться один, либо несколько объектов (подсистем), входящих в состав данной системы.

Структурное состояние предприятия – это макросостояние предприятия, характеризующее как текущее состояние объектов, входящих в заданный тип структуры, так и состояние отношений между ними.

Структурная динамика предприятия – это процесс перехода структуры (структур) предприятия из одного в другое заданное макросостояние под действием различного рода причин (внутренних, внешних, объективных, субъективных и других).

Для качественного мониторинга, а также успешного функционирования производства необходимо, чтобы данные системы были управляемы, то есть способны изменять свою структуру (струкутуры), состояния, параметры, способы функционирования в различных условиях и обстановках.

Система управления – система, состоящая из управляющей подсистемы и объекта управления. При этом в самой управляющей подсистеме выделяется в свою очередь подсистема мониторинга состояния объекта управления и подсистема формирования и реализации управляющих воздействий [44].

Управление структурной динамикой предприятия – процесс формирования и реализации управляющих воздействий, обеспечивающих переход производства в заданное многоструктурное макросостояние.

В качестве основных функций управления, которые реализуются в управляющей мониторинговой подсистеме ОТК, будем выделять [44,55]:

- функцию определения целей и курса действий;
- функцию планирования (перспективного, долгосрочного, оперативного);
- функцию оперативного управления, включающую функции физической реализации управляющих воздействий (выработки плана), функции учета и контроля состояния объекта управления и управляющей подсистемы;
- функцию анализа состояния, включающую функцию его диагностирования;
- функцию координации.

Существуют предельные состояния, в которых неработоспособны все объекты предприятия и уровень потерь максимальен. Данные переходы имеют различную природу: одни являются управляемыми, другие – неуправляемыми. Одной из целей управления является уменьшение возможности (вероятности) перехода сложной организационно-технологической системы в наименее желательные макросостояния [6].

Измеряемыми параметрами ОТК являются представимые в виде значений измеряемых (телеметрируемых) параметров (ТМП) показатели (характеристики) свойств объектов автоматизации.

Вычисляемыми параметрами являются показатели (характеристики) свойств объектов автоматизации, рассчитываемые по различным

методикам и алгоритмам на основе значений измеряемых параметров. Основным способом выявления (оценивания) ОТК является сбор, обработка и анализ данной информации.

Сбор измерительной информации при осуществлении мониторинга есть процесс получения, распределения всех значений измеряемых параметров. А под обработкой измерительной информации понимается процесс получения оценок измеряемых параметров объектов предприятий на основе собранных данных, снабженных показателем степени доверия к этим оценкам [69]. Анализ измерительной информации представляет собой предпоследний этап в процессе проведения мониторинга, заключающийся в получении значений оценок параметров, являющихся элементами цели мониторинга, на основе использования значений измеряемых параметров.

Целью анализа измерительной информации как процесса является получение обобщенных оценок совокупности параметров производства, значения которых в явном виде указывают либо на степень работоспособности рассматриваемого объекта мониторинга, либо место и вид возникшей неисправности, либо являются оценками прогнозируемых явлений и процессов с заданной точностью и интервалом прогноза [44].

2.2 Формирование подсистемы мониторинга эффективности ОТК предприятий

Одной из подсистем ОТК, предназначеннной для информационного обеспечения управления, как уже отмечалось ранее, является подсистема мониторинга эффективности (ПМЭ) ОТК предприятий. В условиях повышения требований к автоматизированным системам управления производством эффективность ее работы во многом определяется эффективностью системы мониторинга, как подсистемы ОТК. Тем более что в рамках системы мониторинга циркулируют большие и сверхбольшие потоки информации, значительная часть

которой является измерительной и составляет свыше 80% от всего объема информации, используемой в контуре ОТК. При этом требования к процессам обработки и представления результатов обработки этой доли информации достаточно жесткие, так как на ее основе осуществляется управление системой мониторинга в режиме реального времени (РВ, real time) [44].

Определим понятие ПМЭ ОТК. *Подсистема мониторинга эффективности ОТК* – это составляющая системы мониторинга организационно-технологического комплекса, отвечающая за анализ и обеспечение комплексной эффективности предприятий.

Одним из свойств, которыми должна в определенной мере обладать подсистема мониторинга эффективности ОТК, это адаптивность, (лат. *adaptatio* - прилаживание, приспособление) свойство системы изменять свое поведение с целью сохранения, улучшения или приобретения новых характеристик в условиях меняющейся во времени среды, априорная информация о которой является неполной. Это свойство возникает в результате наличия у системы определенного механизма изменения параметров, структуры или стратегии управления на основе информации, поступающей в процессе функционирования системы. С точки зрения адаптивных систем и механизма адаптации целесообразно различать процессы обучения, самообучения, адаптивного управления, адаптивной организации и самоорганизации [44].

Автоматизация процессов мониторинга является сложной задачей, и ее решение наталкивается на следующие проблемы:

- измерение и учет параметров, характеризующих состояние предприятия;
- определение подходящего набора иерархических моделей для решения задач планирования и управления;
- эффективное применение математических методов.

Осуществление внедрения и сопровождения ПМЭ ОТК предполагает ряд следующих шагов [71]:

1. Внедрение подсистемы мониторинга:
 - комплексный анализ предприятия;

- способы внедрения подсистемы;
 - планируемые результаты внедрения.
2. Обеспечение эффективной работы подсистемы мониторинга:
- выбор режима анализа (постоянный или периодический опрос);
 - глубина влияния на производственную систему (до каких структур, какие структуры остаются на саморегулировании);
 - адекватность и исключение ошибочного анализа (верифицируемость).
3. Применение функций подсистемы мониторинга ОТК для повышения эффективности работы предприятий:
- способы продуцирования рекомендаций на основе анализа;
 - структурирование и формализация рекомендаций (унификация для АСУ разных предприятий со своими особенностями);
 - применение рекомендаций (в виде директив, управляющих воздействий АСУ, указаний по изменению структуры, прямой и самостоятельной реконфигурации систем производства и объектов управления).

Разберем основные задачи, которые должна решать подсистема для осуществления своих функций. Задачи подсистемы мониторинга эффективности в ОТК [45]:

1. Анализ и оценка целевых и информационно-технологических возможностей предприятия.
2. Анализ наблюдаемости производственной системы, и достижимости целей повышения эффективности.
3. Анализ и прогнозирование структурных состояний, ситуаций, обстановки предприятия относительно внешних воздействий.
4. Определение внешней среды в вопросах:

- индифферентности (участности) внешней среды во влиянии на процесс автоматизации или (и) выполнении производственной деятельности;
- степени неопределенности сведений о параметрах (детерминированная, стохастическая, с нечетким описанием, с неизвестностью, с комбинированным описанием неопределенных факторов).

В контуре структурного управления реализуются следующие дополнительные функции [44]:

- функция технического диагностирования (ФТД), включающая следующие операции: определение состояния объекта, поиск места изменения состояния, оценка глубины (объема) изменения состояния объекта диагностирования;
- функция реконфигурации структуры (структур) предприятий включает в себя следующие операции: оценка состояния по данным ФТД, поиск вариантов допустимой структуры (многоструктурного макросостояния) производства, выбор лучшего варианта, целенаправленное изменение связей (структур) и режимов функционирования элементов (подсистем) ОТК, контроль с помощью ФТД результатов воздействия на структуру (струкутуры) предприятия;
- функция аварийной защиты (ФАЗ) включает операции: оценка по данным ФТД типа отказа в объекте (простой, аварийный), в случае аварийного отказа - локализация области его влияния на работоспособные элементы системы, перевод организационно-технической системы с помощью реконфигурации структуры в одно из работоспособных состояний или в отказовое состояние, соответствующее простым отказам.

На подсистему мониторинга также накладываются требования систем OLAP (On-line Analytical Processing) – сервиса, представляющего собой инструмент для анализа больших объемов данных в режиме реального времени [5].

По классификации, приведенной в [44] разрабатываемая подсистема мониторинга является по видам задач – системой наблюдения состояния производства и ее АСУ в целом, по характеру поступления информации – в дискретные моменты времени (с обработкой в темпе поступления).

Подсистема мониторинга эффективности может представляться в качестве специального программно-математического обеспечения [44].

Подсистема ОТК может также относиться к координирующим системам, предполагающим изменение структуры производственной системы, разрыв (расчленение) взаимодействий, сопряжение и вложение взаимодействующих подсистем [49].

К числу основных недостатков (и соответствующих проблем), выявленных к настоящему моменту в ходе создания автоматизированной системы мониторинга эффективности, можно отнести [6,23]:

1. Многие автоматизированные системы (прежде всего системы управления) в основном имеют характер информационных систем, в которых не автоматизированы процессы, связанные с собственно принятием решений, или удельный вес автоматизации последних процессов незначителен по сравнению с автоматизацией процессов сбора и обработки информации. В них слабо используются возможности привлечения методов и алгоритмов комплексного моделирования для обоснования решений.
2. Во многих автоматизированных системах отсутствует необходимое программно-математическое обеспечение для проведения системного анализа функционирования производственного объекта, управления качеством его функционирования.
3. Создание автоматизированной системы не увязывается соответствующим образом с задачами развития, наделением данной системы высокой степенью гибкости и адаптации к изменениям в окружающей обстановке.

Таким образом, проблемы создания и развития автоматизированных систем – это, прежде всего модельно-алгоритмические и

информационные проблемы, требующие для своего решения разработки фундаментальной теоретической базы [44].

Среди основных особенностей процессов функционирования систем информационного обеспечения, касающихся этапа анализа измерительной информации, можно назвать такие, как [22]:

- жесткие временные ограничения на получение результатов измерительной информации, а именно - в режиме обработки данных в реальном времени: от момента измерения значения параметра до получения результатов анализа информации (сведений о состоянии объекта анализа) должно пройти не более нескольких секунд, а часто (для динамических операций) - в пределах одной секунды и ее долей;
- высокие требования к достоверности и точности результатов анализа;
- большие (или даже сверхбольшие) потоки обрабатываемой измерительной информации;
- разнообразие типов измерительной информации, используемой для принятия решения о состоянии объекта управления как по физической природе измерительной информации, так и по большому количеству программно-аппаратных средств, являющихся источниками информации.

Одними из важных вопросов считаются методы представления данных в подсистеме мониторинга. К настоящему времени используются такие методы, как семантические сети, фреймы, продуктивные модели, которые подтвердили свое право на жизнь в качестве базовых компонентов общего аппарата представления знаний.

В соответствии с принципами построения перспективных информационных систем на основе интеллектуальных алгоритмов [6], элементарным объектом, несущим основную вычислительную (с точки зрения обработки информации) нагрузку, является активный объект или агент. В роли агента выступает *вычислительная модель*, выполняющая главную семантическую роль при формировании оценки эффективности организационно-технологического комплекса предприятия [16,44].

2.3 Архитектура подсистемы мониторинга

Основными недостатками рассмотренных систем мониторинга [5,46,47,71], является неполное использование существующих механизмов и математических методик для осуществления мониторинга эффективности, громоздкость, ведущая к поглощению временных и вычислительных ресурсов предприятия. Однако в работе [44] приводятся математические модели структуры мониторинга объектов и хорошо рассмотрены технологии, применяемые при построении и осуществлении мониторинга, такие как системный анализ, структурное программирование и другие. В некоторых работах отмечена слабая формализация и автоматизация [5,46] систем мониторинга, ведущие к невозможности реализации данных систем в полной мере в АСУ предприятия. Нужно учитывать, что стратегические планы по развитию предприятия составляются на основе выводов и рекомендаций, полученных по результатам мониторинга эффективности в ОТК [46].

Выделены некоторые общие черты подсистем мониторинга. Так встречаются блоки подсистемы мониторинга, отвечающие за ввод, обработку, вывод информации [5]. В связи с этим предлагается архитектура ПМЭ, требования к которой были сформированы в предыдущем параграфе.

Рассмотрим на рис. 2.1 структуру подсистемы мониторинга эффективности в ОТК. Интерфейс пользователя позволяет получать информацию о результатах функционирования подсистемы мониторинга и корректировать ее работу. Основные требования к интерфейсу:

- достоверность и доступность отображаемой информации;
- простота и удобство взаимодействия с подсистемой;
- максимальная управляемость процессами анализа эффективности и выдачи рекомендаций предприятию.

В начале работы важную роль выполняет блок «Текущая структура предприятия», который определяет облик анализируемой технологической системы для ПМЭ. Его отличием является полный анализ работы каждого объекта, текущие характеристики состояния, в том числе технологические параметры.

Блок «Изменение состояния объектов предприятия» также анализирует структуру предприятия, но в дальнейшем данный блок используется для сопоставления начального и текущего состояния производственной системы, фиксирует перестановки в структуре, в том числе выход из строя объектов предприятия, резервную замену в связи с ремонтом или техническим обслуживанием.

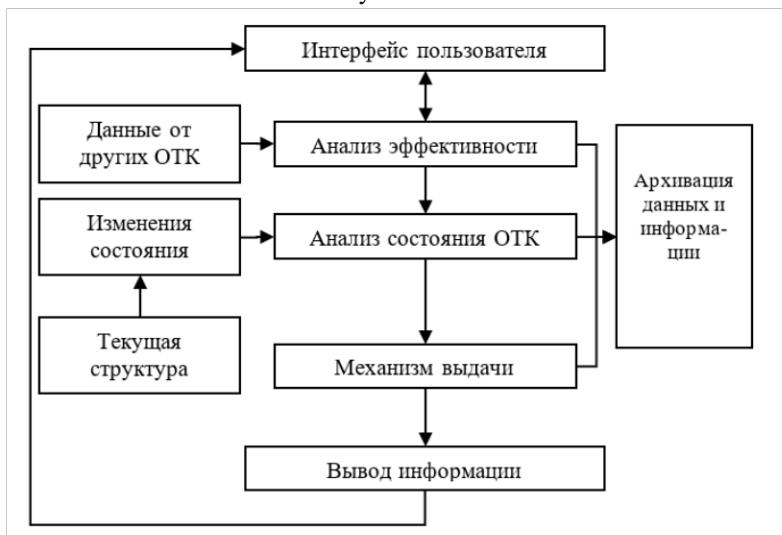


Рисунок 2.1 – Архитектура подсистемы мониторинга эффективности ОТК

Блок «Данные от других ОТК» предоставляет информацию по характеристикам, которые анализируются по методике DEAMEXIN, предложенной во второй главе для определения эффективности. Данные обрабатываются в блоке «Анализ эффективности предприятия», выявляются неэффективные предприятия. Полученная информация передается на блок «Анализ состояния предприятия», в котором сопоставляется и обрабатывается совместно с данными по

текущему состоянию объектов, анализируемых в ОТК, и данными по структуре предприятия. Рассчитанные коэффициенты и параметры «спускаются» в блок «Механизм выдачи рекомендаций», где используются с целью получения рекомендаций для повышения эффективности предприятий. Также выделяются зависимости колебания эффективности от изменения структуры и состояния объектов, анализируемых в ОТК. Рекомендации и зависимости выводятся на терминалы пользователей подсистемы мониторинга эффективности и в АСУ предприятием.

Текущие расчеты, данные, полученная информация архивируется в блоке «Архивация данных и информации», для последующего использования и сопоставления, а также при планировании структурных преобразований производственной системы при прогнозе деятельности предприятия.

2.4 Реализация мониторинга предприятий с помощью подсистемы ОТК

2.4.1 Анализ работы предприятий в подсистеме мониторинга

При анализе в рамках мониторинга предприятий осуществляется отработка методологических подходов и методики обработки входов системы и баз данных, составляются макеты выходных аналитических таблиц, схем и графиков. Разрабатываются алгоритмы расчета каждого показателя выходных аналитических таблиц и определяются основные направления анализа изменений структурных состояний предприятия [5,44]. Выполняется диагностический анализ. Диагностический анализ – это комплекс исследований, проводимых с целью выявления общих тенденций развития производства и управления, разработки требований и мероприятий по улучшению системы управления предприятием. В

результате диагностического анализа формируются следующие документы:

- описание предприятия и его структурной схемы;
- таблица функций предприятия;
- характеристика задач предприятия;
- описание функций подразделений и их структурных схем;
- описание информационных потоков подразделений.

Мониторинг может проводиться при интеграции всех имеющихся видов измерительной информации (телеметрической, командно-программной и других) и решать следующий перечень задач [44]:

- контроль функционирования объекта управления при нахождении его как в штатных, так и нештатных ситуациях;
- контроль работоспособности объекта управления при возникновении неисправностей, их диагностирование с указанием места и вида возникшей неисправности;
- прогнозирование поведения объекта управления и при наличии соответствующих исходных данных – предсказание развития как штатных, так и нештатных (аварийных) ситуаций с целью их предупреждения и недопущения.

Выделить во временном промежутке и унифицировать структуру предприятия с параметрами функционирования его объектов представляется возможным с помощью использования математического аппарата векторного представления сущности объектов [25,29,44]. Поэтому опишем вектор структурного состояния (BCC), представляющий собой набор объектов производства.

$$S = \{W_1, W_2, \dots, W_\delta, \dots, W_\psi\}, \quad (2.1)$$

где S – вектор объектов, учитываемых в ОТК; $\delta = \overline{1, \Psi}$ - индекс, определяющий объект на предприятии; W_δ - вектор состояния объекта, входящего в предприятие.

Рассмотрим подробнее вектор, характеризующий объект W_δ :

$$W_\delta = \{C_1, C_2, \dots, C_b, \dots, C_B\}, \quad (2.2)$$

где C_1, C_2, \dots, C_B - определяют параметры состояния объекта, учитываемого в подсистеме мониторинга эффективности ОТК; $b = \overline{1, B}$ - определяет индекс параметра объекта W_δ .

Параметр C_b модели состояний объектов предприятия дает определенную характеристику объекта δ . Вектор состояний W_δ может содержать следующие характеристики:

C_1 – работоспособность объекта производственной системы (например, принимать значения 1 - активное состояние, 2 - заменен на резервный, 0- выведен из строя);

C_2 – нагрузка в процентах от максимальной мощности на объект предприятия;

C_3 – причина вывода из строя (например, 1 - по технической неисправности, 2 - для временного ремонта, 3- для капитального ремонта, 0 – параметр не значим);

C_4 – количество персонала, занятого при обслуживании данного объекта.

Таким образом, вектор W_δ содержит элементы дискретно-числового типа, определяя профильное состояние и численные значения параметров объекта. Поэтому значимость изменения профиля объекта (вектора W_δ) для оценки влияния на эффективность будет зависеть при дискретном свойстве C_b . А при числовом свойстве C_b значимость к тому же определяется и уровнем изменения C_b в определенных пределах, задаваемых исследователями в режиме настройки подсистемы.

С учетом (2.1) и (2.2) разработаем алгоритм работы ПМЭ в ОТК (рис.2.2). Алгоритм действия подсистемы мониторинга эффективности:

1. Подсистема мониторинга получает параметры для расчета эффективности предприятий от всех ОТК, входящих в корпоративную сеть.
2. Подсистема мониторинга собирает информацию о текущем структурном состоянии всех предприятий.
3. Определяется текущее значение эффективности для всех производств анализируемого набора.

4. Через промежуток времени $T_{изм}$ процедура определения эффективности повторяется.
5. Если анализируемые предприятия в данном наборе принимаются эффективными, то переходим к п.4.

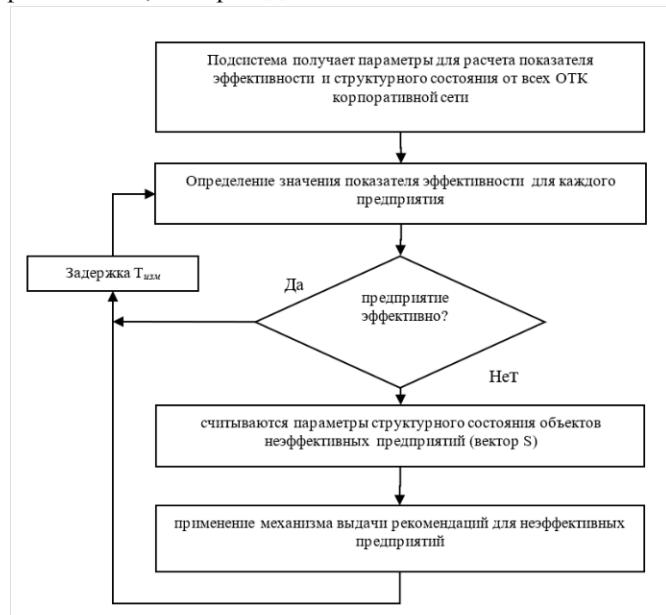


Рисунок 2.2 – Алгоритм действия подсистемы мониторинга АСУ предприятий переработки

6. Если предприятие в данной выборке не эффективно и нуждается в рекомендациях, подсистема мониторинга считывает дополнительные параметры о состоянии объектов своего предприятия (вектор S).
7. В подсистеме мониторинга анализируются:
 - значения весов, полученных при определении эффективности посредством методики оценки эффективности (DEAMEXIN);
 - входные и выходные значения по методике DEAMEXIN других предприятий;
 - характеристики структурного состояния объектов текущего предприятия.

8. По механизму выдачи рекомендаций определяется источник изменения (снижения) эффективности и выдаются рекомендации по повышению эффективности.
9. Осуществляется переход к п.4.

2.4.2 Выдача рекомендаций и корректировка с целью повышения эффективности работы предприятия

После сбора и анализа данных подсистема мониторинга позволяет не только предоставить руководящим субъектам информацию о работе предприятия, но и выработать ряд рекомендаций по повышению эффективности в ситуации, связанной с изменением эффективности.

Выделим причины изменения показателя эффективности, которыми могут быть:

1. Изменения в структуре предприятия, определяются по вектору структурного состояния S подсистемы мониторинга.
2. Интеграция в набор анализируемых производств нового объекта с лучшими (худшими) характеристиками при использовании ПМЭ ОТК в динамическом режиме, когда в процессе анализа могут быть добавлены новые предприятия из данной отрасли.
3. Изменения во входных (выходных) характеристиках (по модели DEA), в том числе по причинам п.1 для других производств.

Все многообразие факторов роста эффективности можно классифицировать [59] по двум признакам:

- источникам повышения эффективности, основными из которых является: снижение трудо-, материально-, фондо- и капиталоемкости производства продукции, рациональное использование природных ресурсов, экономия времени и повышение качества продукции;

- основным направлениям развития и совершенствования производства, к которым относятся: ускорение научно-технического прогресса, повышение технико-экономического уровня производства; совершенствование структуры, внедрение организационных систем управления; совершенствование форм и методов организации производства, планирования, мотивации трудовой деятельности и другие.

Таким образом, сигналом для анализа структурного состояния текущего производства служит определение показателя эффективности по методике DEAMEXIN. Когда снижение эффективности приводит к воздействию анализу ВСС неэффективного производства.

Опишем множество ситуаций, изменений вектора структурного состояния и рекомендаций по каждой ситуации в ПМЭ ОТК.

$$\gamma_h(W_\delta, C_1^\delta, \dots, C_b^\delta, \theta_k) \in Y_k^m; \quad (2.3)$$

$$r_k^i \in R_k^m; \quad (2.4)$$

$$\gamma_h(W_\delta, C_1^\delta, \dots, C_b^\delta, \theta_i) = r_k^i, \quad (2.5)$$

где γ_h^i - ситуация, генерируемая изменением вектора структурного состояния; k – номер ситуации, связанной с объектом W_δ предприятия, на котором она произошла, с параметрами C_b^δ и уровнями их значений; k – номер предприятия; r_k^i – рекомендация для объекта k – ого предприятия.

Ситуация (3.3) показывает, что произошло изменение на объекте W_δ в параметре C_b^δ , при текущем значении θ_k для k – го предприятия. Множества Y_k^m и R_k^m характеризуют множества возможных ситуаций и рекомендаций, соответственно. Причем всегда $R_k^m > Y_k^m$. Необходимо учитывать при использовании ПМЭ, что множество Y_k^m ограничено штатными ситуациями, происходящими на предприятии и фиксируемыми только при снижении эффективности.

Множество R_k^m формируется посредством ситуаций и с помощью специалистов (технологов, пользователей и конфигураторов АСУТП, ОТК) на этапе обучения ПМЭ, так как каждое предприятие имеет свои особенности структуры, организации и функционирования.

Таким образом, тип и особенности ситуации зависят от особенностей и объекта производственной системы, на котором произошло изменение структурного состояния. При анализе и предварительном формировании рекомендаций необходимо задавать степени влияния изменений определенного структурного состояния предприятий на показатель эффективности в ПМЭ ОТК за счет сравнения степени изменения вектора структурного состояния и степени изменения показателя эффективности предприятия при прочих равных условиях.

Рассмотрим особенности выдачи рекомендаций в подсистеме мониторинга.

1. Подсистема мониторинга находится в режиме выдачи рекомендаций, это означает, что проведен ряд мероприятий по сбору, обработке, анализу данных в АСУ производств.
2. На основе измененного ВСС формируется набор ситуаций (2.3).
3. Каждая ситуация в зависимости от формирующих ее факторов соотносится одной из рекомендаций множества рекомендаций (2.4). Набор рекомендаций формируется на этапе обучения системы, поэтому в данном режиме подсистема мониторинга предлагает общую информацию о состоянии технологического процесса и производства. После обучения образуется множество ситуаций из (2.3), имеющих рекомендации и множество внештатных ситуаций ${}^*\gamma^i_h$, имеющих более ограниченный набор рекомендаций (например, обратиться к диспетчеру и выслать ремонтно-наладочный наряд на объект).
4. Применяя рекомендации, предпринимается ряд шагов по реконфигурации связей и объектов предприятия с целью восстановления показателя эффективности. Такими шагами могут быть, например:
 - довести характеристику состояния до характеристики C_b аналогичного объекта эффективно работающего предприятия за счет повышения качества технического обслуживания (привлечения дополнительного персонала);
 - произвести наладочный капитальный ремонт, с целью устранения неисправностей и модернизации объекта;

- предложить заменить объект на более современный и менее затратный по своим характеристикам.
5. После применения рекомендаций на следующем этапе замеряется показатель эффективности повторно с целью оценить, насколько повысилась эффективность текущего предприятия, либо произошло снижение эффективности за счет привлечения дополнительных ресурсов, применяя рекомендации подсистемы мониторинга. В первом случае мониторинг продолжается в штатном режиме, во втором - подсистема мониторинга запрашивает повторный анализ применяемых рекомендаций с целью их корректировки и уточнения.

2.4.3 Особенности применения разработанной подсистемы мониторинга в АСУ перерабатывающих предприятий

Применение подсистемы мониторинга эффективности в ОТК имеет ряд особенностей, связанных с оценкой перерабатывающих предприятий. Важным и существенным отличием перерабатывающих предприятий, на которых используется ПМЭ ОТК, является многокомпонентный состав сырья. Типами многокомпонентного сырья являются комплексные соединения, добываемые из недр Земли [17,24]; твердые бытовые отходы, состав которых зависит от степени потребления населением разных типов продуктов и некоторых других факторов [36,39,41].

Еще одну особенность представляет дифференциация типа сырья по комплексному составу компонентов переработки, которые используются в производстве для выпуска продукции. Проблема дифференциации сырья возникает при оценке предприятий, находящихся в разных регионах, и соответственно использующих сырье с отличающимся типом набора компонентов переработки, а также концентрацией этих компонентов в сырье.

Рассмотрим особенности производств, связанных с применением методики DEAMEIN для их оценки, на примере переработки трех видов сырья:

1. Переработка бокситов.
2. Переработка нефти.
3. Переработка твердых бытовых отходов.

В таблицах 2.1-2.3 представлены входные и выходные параметры при оценке эффективности соответствующих предприятий.

Переработка бокситов.

Бокситы являются главным сырьем для производства глинозема – продукта для получения алюминия. Бокситы состоят из гидроксидов алюминия, оксидов железа и кремния, содержание глинозёма в промышленных бокситах колеблется от 40 % до 60 % и выше. В результате переработки боксита в глинозем получают побочный продукт – красный шлам, который отводится в отвал. Для хранения откачиваются миллионы тонн шламов ежегодно. Красные шламы являются техногенными отходами и несут серьезную экологическую угрозу. При переработке высокожелезистых бокситов существует возможность комплексного использования сырья [17]. В зависимости от природы породообразующего минерала выделяются 3 группы бокситов: а) моногидратные, содержащие глинозём в одноводной форме (диаспор, бемит), б) тригидратные, содержащие глинозём в трёхводной форме (гипбсит) и в) смешанные, в которых сочетаются обе формы.

Содержание оксида железа, а также других веществ влияет на возможности выработки алюминиевого глинозема, а также на отходы производства. Продукты переработки представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Продукты переработки бокситов

Вход	Выходы
Бокситы	глинозем
	карбонатные щелочи
	нефелиновый шлам
	галлиевый раствор

В результате анализа по методике DEAMEXIN получаем техническую эффективность производств по выпуску полезных компонентов, исключая красный шлам.

Переработка нефти.

Нефть - природная маслянистая горючая жидкость, состоящая из сложной смеси углеводородов и некоторых органических соединений. Состоит из углеводородов (алканов, циклоалканов, аренов — ароматических углеводородов — и их гибридов) и соединений, содержащих, помимо углерода и водорода, гетероатомы — кислород, серу и азот. Соединения сырой нефти — это сложные вещества, состоящие из пяти элементов — С, Н, S, О и N, причем содержание этих элементов колеблется в пределах 82–87% углерода, 11–15% водорода, 0,01–6% серы, 0–2% кислорода и 0,01–3% азота. По химическому составу нефть также разнообразна. Поэтому говорить о среднем составе нефти или «средней» нефти можно только условно. Нефть представляет собой смесь около 1000 индивидуальных веществ, из которых большая часть — жидкие углеводороды (> 500 веществ или обычно 80—90 % по массе) и гетероатомные органические соединения (4—5 %), преимущественно сернистые (около 250 веществ), азотистые (> 30 веществ) и кислородные (около 85 веществ), а также металлоорганические соединения (в основном ванадиевые и никелевые); остальные компоненты — растворённые углеводородные газы (С₁-С₄, от десятых долей до 4 %), вода (до 10 %), минеральные соли (главным образом хлориды, 0,1—4000 мг/л и более), растворы солей органических кислот и другие, механические примеси (частицы глины, песка, известняка) [24]. Продукты переработки нефти представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Продукты переработки нефти

Вход	Выходы
Сырая нефть	бензин (разных сортов)
	керосин
	дизельное топливо
	масла
	гудрон
	кокс

	парафины
	другие вещества

Таблица 2.2 содержит не полный список веществ, получаемых из нефти, но отражает компонентный состав выпуска продукции из многокомпонентного сырья.

Переработка твердых бытовых отходов.

Твердые бытовые отходы (ТБО) представляют собой продукты жизнедеятельности населения города и других поселений и включают различные материалы (картон, бумага, стекло, химические реагенты и другое) в пропорциях, зависящих от развитости региона и особенностей менталитета населения по потреблениям и предпочтениям промышленных продуктов и услуг. Наблюдается большое разнообразие компонентов, входящих в состав единицы отходов (тонны или кубического метра), но не все из них могут быть выделены и применены повторно. В связи с этим возникает определенный набор компонентов отходов, которые выделяются и используются с помощью применяемых технологий при данном научно-техническом прогрессе и целесообразной себестоимости их переработки. В таблице 2.3 представлены наиболее используемые после переработки вещества.

Таблица 2.3 - Продукты переработки ТБО

Вход	Выходы
ТБО	картон
	бумага
	пластики высокого и низкого давления
	черные металлы
	цветные металлы
	стекло
	текстиль
	полимеры
	дерево
	другие вещества

Рассмотренные особенности методики на примерах переработки бокситов, нефти и ТБО показывают широту применения разработанной

ПМЭ ОТК. В работе подробно рассматривались предприятия, перерабатывающие твердые бытовые отходы и приводились особенности их функционирования и структуры, отмеченные авторами в публикациях [55,59,58,61,62,63, ,64]. В следующей главе представлена апробация ПМЭ ОТК на объектах одной из рассмотренных областей применения методики оценки эффективности перерабатывающих производств.

Выводы по главе 2

В главе проведен анализ способов и систем осуществления мониторинга ОТК. Рассмотрены особенности, цели и задачи мониторинга предприятий, которые позволяют судить о необходимости внедрения подсистемы мониторинга эффективности ОТК. Важными аспектами мониторинга являются функции сбора и анализа измерительной информации на этапе определения состояния предприятия и его системы управления.

Рассмотрена подсистема мониторинга эффективности ОТК. Которая осуществляет сбор данных по работе производства и его системы управления и анализ с целью их обобщения в заданные агрегированные показатели. ПМЭ подразумевает также автоматизацию как сбора информации, так и выдачи рекомендаций в случае снижения эффективности, что позволяет, когда выдаются приемлемые рекомендации, высвобождать временные ресурсы ЛПР.

Для осуществления автоматизированного анализа структуры предприятий предложен вектор структурного состояния в ОТК, позволяющий учитывать состояние объектов производственной системы по их параметрам. Параметры определяются заданными значениями, которые меняются в процессе взаимодействия объектов при функционировании предприятия, а также зависят от внешних контролируемых и слабо контролируемых факторов.

В рамках исследования рассматривается архитектура ПМЭ ОТК, которая дополнена методикой оценки эффективности, механизмом анализа производственной системы по вектору структурного состояния, механизмом выдачи рекомендаций, а также дополнительными блоками сбора и архивации информации и данных. Предлагаемый механизм выдачи рекомендаций позволяет автоматизировать процесс выдачи рекомендаций за счет накопленной базы знаний о состоянии производства в разные периоды времени. Его работа осуществляется путем сравнения векторов структурного состояния в ОТК в начальной позиции, и в позиции, когда в подсистеме мониторинга определены неэффективные объекты. Результатом сравнения векторов

структурного состояния является формула возникшей ситуации, связанной с понижением эффективности предприятия. Данная формула является унифицированным обозначением ситуации и может интерпретироваться посредством технологических и программных языков в зависимости от требований заказчика ПМЭ ОТК. Формуле возникшей ситуации сопоставляется рекомендация, заложенная в базе рекомендаций, при этом одной ситуации может соответствовать более одной рекомендации.

3 Программное обеспечение и апробация подсистемы мониторинга в АСУ перерабатывающих предприятий

В данной главе приводится программная реализация [1,18,52] и апробация разработанной подсистемы мониторинга эффективности ОТК на российских предприятиях переработки твердых бытовых отходов [33,39].

3.1 Типы систем, функционирующих совместно с подсистемой мониторинга ОТК

Обращаясь к вопросам интеграции подсистемы мониторинга эффективности в существующие программные обеспечивающие системы функционирования предприятий, следует учесть накопленный опыт при разработке и внедрении программных продуктов [6,43,47,54,58] существенно облегчающих управление, контроль за работоспособностью и эффективностью производств [55,61]. Среди таких систем, без которых не представляется возможным организация современного высокоеффективного производства, выделяются ERP, APS и MES системы [11,43,54,71]. Рассмотрим особенности и основные функции каждой.

Система планирования и управления предприятием (Enterprise Resource Planning, ERP). ERP, прежде всего, корпоративная информационная система. Представляет собой систему управления предприятием, кровеносную и нервную систему промышленного организма, соединяющую части логистики многочисленных органов, выполняющих определенные функции (документооборот, управление закупками, поставками, складскими запасами и другое) [58]. Характер планирования работ, технологических операций на станки и другие

единицы технологического оборудования в ERP-системах, в большинстве систем ведется на основе старого стандарта MRP II [11] без учета текущей загрузки данного оборудования и состояния обработки изделий. По сути, не все детальные ERP-планы будут практически выполнимыми [58].

Системы синхронного оптимизационного планирования производства (Advanced Planning and Scheduling, APS) [71]. Представляют собой системы усовершенствованного планирования, как отдельная подстройка к ERP. Основной целью для систем планирования нового поколения – APS являлось решение задач автоматизации управления цепочками поставок (SCM – Supply Chain Management). Этот функционал APS, реализуемый за счет возможности планирования всех работ во времени с учетом загрузки мощностей, имеет двойное назначение. Он реализуется как для предприятия, выступающего объектом всей цепочки на динамичном рынке товаров, так и для объектов самого предприятия – цехов, участков и подразделений.

Таким образом, возможности планирования в APS расширены и усовершенствованы относительно стандарта MRP II. Появилась возможность планирования материалов, ресурсов и одновременно построение расписания с учетом реальной загрузки оборудования во времени. Учет внутренних возмущений со стороны многочисленных подразделений (поломки оборудования, брак на операциях и другое) может привести к существенному утяжелению контура диспетчирования при существующей размерности задачи. Алгоритмы APS при составлении расписаний одновременно учитывают как потребности материалов, так и мощности предприятия с учетом их текущей и спланированной загрузки. В алгоритмах APS учитываются также переналадки и некоторые другие параметры технологической среды. В основе алгоритмов APS-систем лежат имитационные модели, нейросетевые модели, планирование на основе базы знаний, эвристические методы типа генетических алгоритмов, моделирования отжига, а также линейное программирование. На самом деле алгоритм построения расписаний в APS достаточно прост. Есть множество операций для всего множества выпускаемых изделий, множество

станков и на каждые изделия есть ограничения – по срокам выпуска, по наличию материала.

Ограничения разделяются на важные и не очень важные. Вначале, на первом проходе алгоритма составляется расписание с учетом выполнимости важных ограничений, например, отсутствие нарушения сроков поставок. Если расписание получено, то оно считается допустимым и принимается в качестве базового для дальнейшей «оптимизации» – на последующих проходах алгоритма проводится попытка учесть оставшиеся менее важные ограничения.

Упростив алгоритм построения расписания, разработчики APS дали возможность в пределах существующих вычислительных мощностей получать допустимые расписания и, в пределах допустимой точности, прогнозировать сроки поставок. При этом APS-системы не ставят себе более сложных задач вроде минимизации в построенных расписаниях времен переналадок, транспортных операций, уменьшения количества задействованного оборудования, поскольку учет этих требований неминуемо приведет к утяжелению алгоритмов и невозможности за кратчайшее время получать расписания для больших размерностей. В связи с этим APS-системы имеют крайне ограниченный состав критериев планирования.

Частота перепланирования в APS обусловлена частотой появления новых заказов (обратная связь в режиме реального времени для APS считается избыточной). Новые возможности, обусловленные необходимостью управления цепочками поставок, явились причиной того, что темпы роста APS-систем стали значительно опережать темпы роста решений в сегменте ERP, но при этом APS-системы не отвечают за финансы, закупки, документооборот и другие транзакционные функции ERP.

Производственная исполнительная система (Manufacturing Execution Systems, MES). Осуществляет свое управление на уровне цехов. Системы MES выполняют операцию контроля и перепланирования гораздо чаще APS. Системы MES оперируют задачами значительно меньшей размерности, корректируя планы лишь отдельных цехов, но реагируют на любое изменение хода технологического процесса. Пересчет может вестись с дискретностью в одну минуту. Это означает, что все процессы в цеху контролируются в

режиме real time и это позволяет заранее предвидеть всевозможные нарушения расписаний и вовремя принимать соответствующие меры. Основными отличительными функциями MES, позволяющими ей интегрироваться с подсистемами мониторинга являются следующие [58]:

- контроль состояния и распределение ресурсов (RAS).
- оперативное и детальное планирование (ODS).
- сбор и хранение данных (DCA).
- управление персоналом (LM).
- управление качеством продукции (QM).
- управление производственными процессами (PM).
- управление техобслуживанием и ремонтом (MM).
- отслеживание истории продукта (PTG).
- анализ производительности (PA).

Указанные выше функции имеют оперативный характер и регламентируют соответствующие требования не к предприятию в целом, а к той его единице (цеху, участку, подразделению), для которой ведется планирование работ. Функциями MES-систем из перечисленных выше, которые определяют MES-систему как систему оперативного характера, нацеленную на формирование расписаний работы оборудования, являются: оперативно-календарное планирование (детальное планирование) и диспетчеризация производственных процессов в цеху. К достоинствам MES можно отнести более точные расписания для оборудования и оперативный режим отслеживания их выполнения.

Цель MES-системы – не только выполнить заданный объем с указанными сроками выполнения тех или иных заказов, но выполнить как можно лучше с точки зрения экономических показателей цеха [58]. Только MES-системы оперируют векторными, интегральными критериями построения расписаний, когда в один критерий собираются несколько частных критериев. При этом диспетчер, составляя расписание, может указать, что он хочет видеть в конкретном расписании – уменьшение календарной длительности выполнения всего

задания, уменьшение длительности операций переналадок, высвобождение станков, имеющих небольшую загрузку.

Работа системы характеризуется следующей последовательностью. Вначале алгоритм MES находит допустимое решение с учетом всех ограничений и выбранного критерия (частного или интегрального). В дальнейшем, на этапе оптимизации, происходит поиск лучшего расписания. Полученное расписание также не является оптимальным в полном смысле, поскольку поиск оптимума в таких задачах всегда сопровождается со значительными временными затратами (MES-системы строят расписания за 0,1 – 5 минут на современной технике). Но расписания при этом, как правило, уже намного ближе к оптимуму, нежели расписания, построенные APS-системами. Если директивные расписания от APS-системы могут поступать раз в неделю (при поступлении нового заказа), то для цеха актуально расписание на текущую смену или сутки.

В MES реализация носит заведомо «неустойчивый» характер (является структурно неустойчивым объектом), так как предполагает возможность оперативной коррекции в произвольный момент времени по требованию диспетчера.

Система сбора и обработка данных о состоянии оборудования и технологических процессов (Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA). SCADA системы, предназначены для выполнения диспетчерских функций и разработки программного обеспечения для встроенного оборудования [14,58]. Эти системы приближены к нижнему производственному уровню и выполняют следующие функции.

- сбор первичной информации от устройств нижнего уровня;
- обработка первичной информации;
- регистрация алармов (оперативных сигналов) и исторических данных;
- хранение информации с возможностью ее пост-обработки (как правило, реализуется через интерфейсы к наиболее популярным базам данных);
- визуализация информации в виде мнемосхем и графиков;

- возможность работы прикладной системы с наборами параметров, рассматриваемых как "единое целое" ("recipе" или "установки") [15].

Рассмотренные функции производственных систем управления накапливают информацию и данные по работе производства на всех уровнях, начиная от полевого («field») уровня технологических сетей и заканчивая управлением обеспечения производства сырьем и ресурсами, поставками продукции. К тому же они влияют на производственный процесс, решая, как производить, сколько и когда, в виде производственных заданий и планов. Два эти фактора (накопление информации и выработка воздействий) позволяют судить о возможной интеграции в них подсистемы мониторинга эффективности, как дополняющей систему управления производством. Отличие данной подсистемы от аналогичных будет заключаться в оперативности и своевременности принятия решения о повышении эффективности работы производства. Внедрение предлагаемого типа осуществления мониторинга позволит сократить время на анализ работы производства, использовать менее производительные аппаратные системы.

3.2 Программная архитектура подсистемы мониторинга ОТК

3.2.1 Структура программной системы

Для реализации полученной методики было разработано программное обеспечение подсистемы мониторинга ОТК. Данные вводятся оператором, через драйвер или устройство автоматизации в программную систему, где анализируются для выдачи рекомендаций лицу, принимающему решение. Программная системы выполненная в

среде объектно-ориентированного программирования C++ Builder 6.0 [1,56].

Приведем общее описание структуры программной системы, выполняющей функции инструментальной модели подсистемы мониторинга эффективности ОТК [34], на рис.3.1.

Программная система для получения данных использует интерфейс ввода [7], в котором предусмотрены механизмы представления и унификации данных под требования расчета в программе. Также используется механизм протоколирования, который обеспечивает учет поступления данных в промежутки времени, порционно и фиксирует дату и время получения данных.

Основой программы являются два компонента [56]: ядро программы и база данных. Которые выполняют функции вычислительного и запоминающего центров программной системы соответственно. Рассмотрим модули ядра программы. Ядро программы содержит модельные решатели модификаций и DEA-моделей.



Рисунок 3.1 – Структура программной системы

В модуле анализа эффективности выполняется логика методики анализа показателя эффективности предприятий по разработанному алгоритму. Модуль представления данных в программном ядре отвечает за унификацию данных для расчета и сохранения временных данных в программном формате в базе данных [57]. Модуль рекомендаций после расчета показателя эффективности и определения неэффективных предприятий, работает с информацией по сравнению векторов структурного состояния, формированию ситуаций и определению рекомендаций для предприятий со сниженной эффективностью.

В программной системе предусмотрен интерфейс пользователя [52], через который осуществляется задание настроек, ручной ввод данных о характеристике и структуре предприятий, а также отображение информации в виде результатов анализа и расчетов [34]. Интерфейс вывода преобразовывает в необходимый формат данные результатов, и передает в управляющую систему или сохраняет в текстовый файл для ознакомления с ним лиц, принимающих решения.

3.2.2 Структура базы данных

Отдельно стоит описать структуру базы данных, которая является «памятью» программной системы и местом хранения начальных данных и конечной результирующей информации. База данных разработана в стандарте Paradox 3.5 [13,18].

Идентификатор ID используется в базе данных для уникального определения записи [18,21]. Благодаря уникальному идентификатору в таблице не будет существовать одинаковых записей по всем полям, и при запросе к записи она будет строго идентифицирована. Так в таблице «Вектор структурного состояния предприятия» может существовать одно и более предприятий, имеющие объекты, в некоторый момент времени параметры которых будут совпадать, и программная система воспримет их как единое целое. Что может привести к учету параметров только одного из объектов у разных предприятий.

Еще одной особенностью работы системы управления базами данных (СУБД) в программной системе мониторинга эффективности ОТК является динамическое добавление полей таблиц. Добавления новых полей происходят при задании настроек программы, например количество входов и выходов, количество параметров объектов предприятия, учет количества компонентов сырья в каждом регионе, а другие параметры настраиваются программой автоматически, такие как количество коэффициентов для каждого выхода. Приведем набор таблиц реляционного типа [60] с полями в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Таблицы реляционной базы данных программной системы

Название реляционной таблицы	Поля таблицы		Описание таблицы и ее полей
	1	2	
Вектор Структурного состояния предприятия	-ID -Название предприятия -Название объекта -Параметр 1 -Параметр 2 -Параметр 3 -Параметр 4 -Дата /время записи	2	Реляционная таблица содержит вектор структурного состояния каждого предприятия, значения параметров его объектов.
Характеристика предприятия	-Номер предприятия -Название предприятия -Вход 1 -Вход X -Выход 1 -Выход 2 -Выход 3 -Выход Y	3	Реляционная таблица содержит данные о входах и выходах каждого предприятия.
Описание предприятия	-Номер предприятия -Название предприятия -Описание предприятия	3	Реляционная таблица содержит общее описание об особенностях каждого предприятия.
Регион предприятия	-ID -Номер предприятия -Номер региона -Название региона -Компонент сырья 1 -Компонент сырья 2	3	Реляционная таблица определяет принадлежность каждого предприятия к региону. Хранит данные о количестве компонентов в

	-Компонент сырья K	процентах, содержащихся в сырье предприятий.
Коэффициенты сортности продуктов	-ID -Номер предприятия -Коэффициент Выхода 1 -Коэффициент Выхода 2 -Коэффициент Выхода 3 -Коэффициент Выхода Y	Реляционная таблица определяет сортность выходов (коэффициенты технологического различия) каждого предприятия.
Рекомендации предприятию	-ID -Номер предприятия -Типизация ситуации -Формульное описание ситуации -Словесное описание ситуации -Словесное описание рекомендаций	Реляционная таблица содержит описания ситуаций снижения эффективности и соответствующие рекомендации лицам, принимающим решения в данных ситуациях.
Результаты	-ID -Номер предприятия -Показатель сравнительной эффективности -Дата /время оценки	Реляционная таблица содержит результаты анализа эффективности.
Настройки	-ID -Название опции -Значение	Реляционная таблица содержит начальные настройки, такие как коэффициенты, используемые при расчетах моделей DEA, допуски.

3.3 Формирование данных и апробация функционирования подсистемы мониторинга ОТК

3.3.1 Анализ данных предприятий переработки ТБО в программной системе ПМЭ ОТК

Проведем формирование и апробацию данных для описанной в 3.2 программной системе. Для начала остановимся на определении показателя эффективности предприятий по методике DEAMEXIN.

Используем информацию из [31] по данным российских заводов переработки твердых бытовых отходов. В таблице 3.2 приводятся российские предприятия переработки ТБО, расположенные в разных областях и краях Российской Федерации. Источниками данных являются конференции [37] и непосредственное посещение данных предприятий.

Таблица 3.2 – Российские предприятия переработки ТБО

№	Название предприятия	Отношение к местности	Объем перерабатываемых отходов, куб. метр. в год
1	ООО "БРИТЕКС"	г. Воронеж	149400
2	ООО «Черноморский Торговый Дом»	г. Новороссийск	124500
1	2	3	4
3	ООО "Янтарь"	г. Смоленск	180000
4	ООО «Картас»	г. Санкт-Петербург	105220
5	ООО "Золотой Шар"	г. Москва	
6	ООО "PETER PEAT"	Московская область, г. Дзержинский	90800
7	ООО «Пресс-брикет»	Московская область, г. Пушкино	98700

8	ООО КФХ "Василево"	г. Иваново,	89500
9	ООО ПЭко	Павлово, Нижегородская обл	120500
10	ТехноИко	Казань, Татарстан респ.	50500

Объемы перерабатываемых компонентов по каждому заводу дадим в табл.3.3, согласно нумерации, обозначенной в табл.3.2.

Таблица 3.3 – Объемы переработки по компонентам

№	Перерабатываемые компоненты, тонн в год						
	Лузга подсолнечника	Твердые породы деревьев (дуб, бук)	Горбыль хвойных пород (елка, сосна)	Торф	Угольная пыль	Солома	Др.
1	9960	12450	12450	7470	2490	2490	249
2	15017	29238	12816	19861	6724	8722	840
3	9660	19920	16814	6105	2044	3499	651
4	21000	39000	19000	8000	4000	24700	1600
5	7500	5800	1200	1850	1850	2100	350
6	17631	7299	11174	4637	5057	10056	879
7	12924	31578	3683	18381	5690	24673	945
8	9402	14122	14974	19630	2835	19840	901
9	16304	30818	11345	8695	2630	8218	1167
10	8000	5900	400	500	1100	2800	200

Рассмотрим работу методики, приведенную во второй главе. Согласно предложенной методики DEAMEXIN и разработанным алгоритмам, предприятия необходимо распределить по группам и применить по каждой ветке алгоритма соответствующую модель. Приведем и опишем полученную дополнительную информацию по заводам в табл.3.4, которая характеризует информацию о реальном содержании исследуемых компонентов отходов в объеме перерабатываемого сырья.

Таблица 3.4 – Содержание полезных компонентов в отходах на соответствующий объем (по городам)

Регион (город)	№ завода в регионе	Компоненты отходов, тыс. тонн в год						
		Лузга подсолнечника	Твердые породы деревьев	Горбыль	Торф	Угольная пыль	Солома	Кустарник
г. Иваново, Ивановская область	8	9,6	14,2	15	19,7	2,9	19,9	0,9
Павлово, Нижегородская область	9	18,5	33,6	12	9,7	2,9	10,2	1,3
								32,2

Таблица 3.5 показывает процентное отношение того, во сколько раз уровень переработки одного и того же компонента глубже, чем при обычной сортировке отходов, используемых на других (1-3, 5-9) предприятиях. Данные коэффициенты были рассчитаны при помощи формулы (1.8) при анализе технологий переработки [37].

Таблица 3.5 – Данные по оценке глубины переработки отдельных выходов соответствующих заводов

№ завода	Уровень качества							
	Лузга подсолнечника	Твердые породы деревьев (луб, бук)	Горбыль хвойных пород (елка, сосна)	Торф	Угольная пыль	Солома	Другие	
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1,68	1	1	1	1	1,9	1	
5	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1,71	1,74	1	1,63	1	1	1	1

Для чистоты эксперимента, разделив анализ на этапы согласно DEAMEXIN, пройдем по каждой ветке методики.

Этап 1. Анализ местности.

На этом этапе необходимо учитывать географическую локацию производственных комплексов относительно друг друга, а также особенности сырья местности. Объекты под номерами 5,6,7 принадлежат приближенно к одной местности (московская область) и можно предполагать, что концентрационный состав отходов, поступающих на переработку, одинаков и имеет примерно равные пропорции по количеству. В результате эти предприятия представляется возможным проанализировать по классической модели DEA, ориентированной на выход и предполагающей переменный эффект масштаба, так как они спроектированы в разное время и имеют различные масштабы переработки. К остальным объектам переходим в дальнейшем.

Этап 2. Анализ сырья.

Объекты 5, 6, 7 имеют одинаковый состав сырья благодаря расположению на одной территории, остальные допускаются к этой выборке, если по анализу сырья, отмеченному в методике DEAMEXIN, находясь в другом регионе, имеют такой же состав. Проведем расчет на основе табл. 3.4 по формуле (1.5) и запишем результаты в табл. 3.6.

Таблица 3.6 – Коэффициенты учета сырьевого фактора

№	Коэффициент по выходу, в %						
	Луга подсолнечни	Твердые породы	Горбыль хвойных пород (елка,	Торф	Угольная пыль	Солома	Другие
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1

6	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1
8	1,47	1,68	0,90	0,75	0,99	0,76	1,18
9	0,76	0,71	1,12	1,52	1,01	1,47	0,87
10	1	1	1	1	1	1	1

Этап 3. Определение пригодности базовой модели DEA.

После анализа сырья решаем вопрос о возможности применения классической модели DEA для оценки заводов 8, 9. Так как по данным табл. 3.4 наблюдается отклонение сырья по регионам, возникает необходимость отнести заводы к следующему этапу анализа и определения однородности состава выходных компонентов для определения набора выпускаемой продукции в случае отклонения ее от принятого набора выпуска в данном исследовании.

Этап 4. Определение однородности состава выходных компонентов.

Так как представленные предприятия оперируют одинаковым набором компонентов, то все заводы можно отнести к однородным объектам и проводить анализ на выявление заводов с отличительной сортностью. В случае, когда преследуется цель определить эффективность по результату выработки массы полезных компонентов в сумме и накладываются менее жесткие требования на компонентный состав, можно остановиться на применении модели DEA с суммарным выходом.

Этап 5. Анализ объектов с отличной сортностью выходов.

В приведенной выборке заводы 4 и 10 имеют достаточно современные технологии обработки лузги подсолнечника и угольной пыли (завод №4), лузги подсолнечника, твердых пород деревьев (дуб, бук) и торфа (завод №10). Поэтому оценка глубины по этим компонентам отражена в таблице 3.5.

Согласно правилам методики DEAMEXIN, описанной в первой главе, к распределенным по группам предприятиям применим соответствующие модели оценки.

В итоге в общей оценке будут участвовать все десять заводов. Заводы 8 и 9 будут иметь коэффициенты, отражающие дифференциацию по сырью, к заводам 4 и 10 будут применены коэффициенты дифференциации по технологии, так как у данных заводов имеются выходы 1, 2, 4 и 6 с повышенной сортностью.

Приведем в таблице 3.7 полные коэффициенты, полученные по методике.

Таблица 3.7 – Полные коэффициенты для оценки эффективности

№	Коэффициенты по выходам, %						
	Луга подсолнечника	Твердые породы деревьев (дуб, бук)	Горбыль хвойных пород (елка, сосна)	Торф	Угольная пыль	Солома	Другие
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1
4	1,68	1	1	1	1	1,9	1
5	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1
8	1,47	1,68	0,90	0,75	0,99	0,76	1,18
9	0,76	0,71	1,12	1,52	1,01	1,47	0,87
10	1,71	1,74	1	1,63	1	1	1

Учитывая коэффициенты таблицы 3.7, по формуле (1.9), рассчитаем эффективность предприятий переработки ТБО согласно методике DEAMEXIN и исходной (немодифицированной) модели DEA. Приведем сравнительные эффективности, представленные в табл. 3.8.

Таблица 3.8 – Эффективности предприятий переработки ТБО

№ завода	Эффективность по DEA	Эффективность по методике DEAMEXIN
1	0,697	0,72
2	1	1
3	1	1

4	1	1
5	0,419	0,395
6	1	1
7	1	1
8	1	1
9	1	0,902
10	1	1

Анализируя полученную таблицу, можно сделать выводы о том, что используя в данной предметной области классический DEA-метод при оценке перерабатывающих предприятий (в случае действия факторов сырья и технологии) получим недооценку или переоценку эффективности отдельных объектов. Это не позволит своевременно отреагировать ПМЭ ОТК и выдать рекомендации при снижении эффективности отдельным предприятиям. Таким образом, применение методики в ПМЭ ОТК позволит более оперативно реагировать на изменения в производственных системах. По данным таблиц 3.2, 3.3, 3.8 построим графики зависимостей, изображенные на рис. 3.2-3.4.

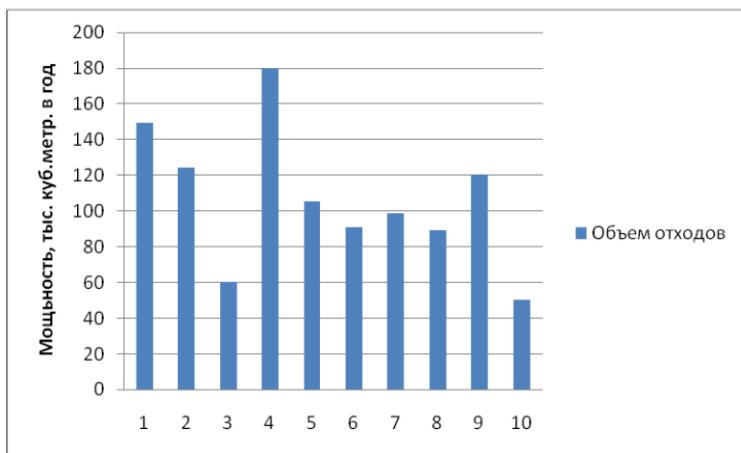


Рисунок 3.2 – Показатели мощности переработки для всех заводов

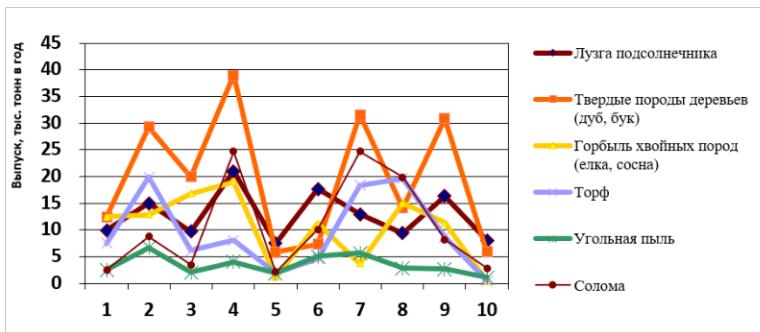


Рисунок 3.3 – Показатели выпуска полезных компонентов для всех заводов

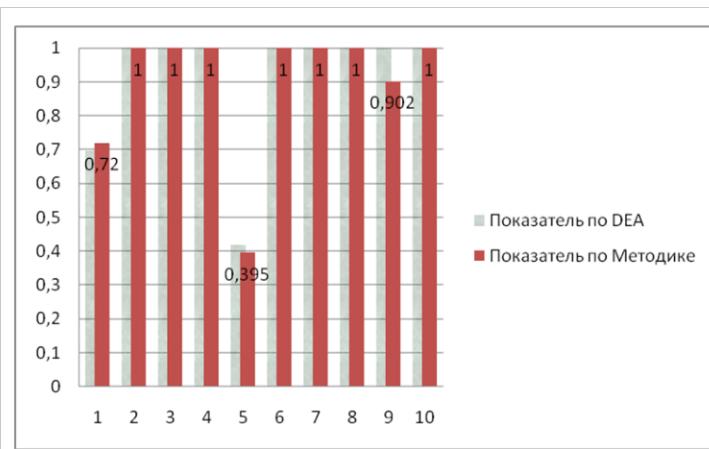


Рисунок 3.4 – Сравнительные показатели определения эффективности по обычному методу DEA и с применением авторской методики

В итоге эффективно работающими предприятиями согласно методики принимаются 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10 в связи с тем, что они имеют максимальный выпуск отдельных видов продукции, исходя из своего сырья (учитывается фактор переменного эффекта масштаба, так как все заводы не равнозначны в своих производственных мощностях). Не смотря на корректировку по сортности, заводы 4 и 10 остались на лидирующих положениях. При учете сырьевого фактора,

неравномерности содержания полезных компонентов в одной и той же массе отходов, предприятия 1 и 5 поменяли свои эффективности при анализе по предложенной методике. Таким образом, завод 1 получил более высокую оценку эффективности, а завод 5 более низкую в связи с тем, что при его сырьевой базе он оказался менее эффективен.

3.3.2 Механизм выдачи рекомендаций в ПМЭ ОТК

Приведем пример работы механизма выдачи рекомендаций согласно анализу объектов каждого производства переработки ТБО. Через промежуток времени $T_{изм}$ показатели эффективности, анализируемые ОТК исследуемого набора, приобрели следующий вид (табл. 3.9).

Таблица 3.9 - Показатели эффективности предприятий через время $T_{изм}$

№ завода	Показатель эффективности в первом цикле мониторинга	Показатель эффективности во втором цикле мониторинга
1	1	0,72
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	1	0,395
6	1	1
7	1	1
8	1	1
9	1	0,902
10	1	1

В результате работы подсистемы были инициированы изменения эффективности работы предприятиям под номерами 1, 5 и 9. Приведем данные векторов S для производств под номерами 1, 5 и 9. Рассматриваемые объекты предприятия:

- пункт управления и диспетчеризации технологического процесса;
- технологическая линия сортировки;
- участок подготовки сырья;
- участок контроля выпуска продукции.

Под исследуемыми параметрами C_b вектора объекта W_δ , примем параметры, обозначенные в табл. 3.10.

Таблица 3.10 – Исследуемые параметры объектов предприятий

C_b	Параметр объекта W_δ	Принимаемые значения
C_1	работоспособность объекта предприятия	1- активное состояние, 2- заменен на резервный, 0- выведен из строя
C_2	загруженность оборудования на данный момент	в % от максимально возможного
C_3	причина вывода из строя	1- по технической неисправности, 2- для временного ремонта, 3- для капитального ремонта, 0 – параметр не значим
C_4	количество персонала, занятого в обслуживании объекта	в % от максимально необходимого

В таблицах 3.11-3.13 отражаются значения вектора структурного состояния предприятий 1, 5, 9, которые были зафиксированы на начальном этапе работы подсистемы мониторинга эффективности.

Таблица 3.11 - Первоначальные данные ВСС предприятия №1

Объект предприятия	Параметры объекта предприятия			
	C_1	C_2	C_3	C_4
Пункт управления и диспетчеризации технологического процесса	1	90	0	90
Технологическая линия (сортировки)	1	70	0	90
Участок подготовки сырья	1	50	0	70

Участок контроля выпуска продукции	1	60	0	70
------------------------------------	---	----	---	----

Таблица 3.12 - Первоначальные данные ВСС предприятия №5

Объект предприятия	Параметры объекта предприятия			
	C_1	C_2	C_3	C_4
Пункт управления и диспетчеризации технологического процесса	1	80	0	90
Технологическая линия (сортировки)	1	75	0	90
Участок подготовки сырья	1	60	0	65
Участок контроля выпуска продукции	1	60	0	65

Таблица 3.13 - Первоначальные данные ВСС предприятия №9

Объект предприятия	Параметры объекта предприятия			
	C_1	C_2	C_3	C_4
Пункт управления и диспетчеризации технологического процесса	1	80	0	80
Технологическая линия (сортировки)	1	75	0	90
Участок подготовки сырья	1	70	0	80
Участок контроля выпуска продукции	1	70	0	65

Приведем в таблицах 3.14, 3.15, 3.16 значения вектора структурного состояния S предприятий после сигнализации изменения эффективности. Изменения эффективности работы предприятия произошли через промежуток времени $T_{изм}$.

Таблица 3.14 - Данные ВСС предприятия №1 после изменения эффективности

Объект предприятия	Параметры объекта предприятия №1			
	C_1	C_2	C_3	C_4
Пункт управления и диспетчеризации технологического процесса	1	90	0	90
Технологическая линия (сортировки)	1	70	0	90
Участок подготовки сырья	1	50	0	70
Участок контроля выпуска продукции	2	50	2	70

Таблица 3.15 - Данные ВСС предприятия №5 после изменения эффективности

Объект предприятия	Параметры объекта предприятия			
	C_1	C_2	C_3	C_4
Пункт управления и диспетчеризации технологического процесса	1	80	0	90
Технологическая линия (сортировки)	1	75	0	65
Участок подготовки сырья	2	30	3	65
Участок контроля выпуска продукции	1	60	0	65

Таблица 3.16 - Данные ВСС предприятия №9 после изменения эффективности

Объект предприятия	Параметры объекта предприятия			
	C_1	C_2	C_3	C_4
Пункт управления и диспетчеризации технологического процесса	1	80	0	75
Технологическая линия (сортировки)	1	75	0	90
Участок подготовки сырья	1	70	0	80
Участок контроля выпуска продукции	1	70	0	65

Для объектов заводов №1, №5 и №9 изменения ВСС S оказались значимыми, изменившаяся конфигурация повлияла на общую эффективность предприятий. Данный анализ позволяет сформировать рекомендации для производств 1, 5 и 9.

В случае необходимости выдачи рекомендаций для любого объекта предприятия следует применять общие меры:

- Шаг 1. Определение и анализ момента времени и места отказа ресурса, снятие с решения задачи, выполняемой на данном ресурсе, передача задачи на другой ресурс (с сохранением или без сохранения полученных промежуточных результатов).
- Шаг 2. Исключение отказавшего ресурса из конфигурации организационно-технологического комплекса, попытка замены его резервным (однотипным), либо резервным другого типа, с близкими функциональными возможностями.
- Шаг 3. Исключение связей с отказавшим ресурсом, запрет на доступ к нему, а для самого отказавшего ресурса – попытка его восстановления.

Рекомендации ОТК №1.

Для выдачи рекомендаций ОТК №1 рассмотрим его вектор структурного состояния в начальном состоянии:

$S_{OTK1} = \{W_1(1,90,0,90), W_2(1,70,0,90), W_3(1,50,0,70), W_4(1,60,0,70)\}$;
далее, после изменения показателя эффективности на $\theta_1=0,72$, вектор структурного состояния примет вид:

$$S_{OTK1} = \{W_1(1,90,0,90), W_2(1,70,0,90), W_3(1,50,0,70), W_4(2,50,2,70)\}.$$

В итоге подсистема мониторинга генерирует ситуацию:

$\gamma_1(W_4, C_1^4, C_2^4, C_3^4, \theta_1)$ - участок контроля выпуска продукции дублируется резервным пунктом контроля в связи с ремонтом, упала производительность данного объекта на 10 %.

Данной ситуации соответствует рекомендация:

$$\gamma_1(W_4, C_1^4, C_2^4, C_3^4, \theta_1) = r_1^1.$$

Выдаются следующие рекомендации:

r_1^1 - обеспечить наладку и устранение неисправностей на участке контроля выпуска продукции, обратить повышенное внимание на техническое состояние участка контроля, модернизировать резервный

пункт контроля для достижения начальной производительности (как на основном участке).

Рекомендации ОТК №5.

По такой же схеме покажем механизм выдачи рекомендаций ОТК №5. Его вектор структурного состояния в начальном состоянии:

$$S_{OTK5} = \{W_1(1,80,0,90), W_2(1,75,0,90), W_3(1,60,0,65), W_4(1,60,0,65)\};$$

далее после изменения показателя эффективности на $\theta_l=0,39$, вектор структурного состояния изменился:

$$S_{OTK5} = \{W_1(1,90,0,90), W_2(1,75,0,65), W_3(2,30,3,65), W_4(1,60,0,65)\}.$$

В итоге подсистема мониторинга генерирует ситуации:

$\gamma_2(W_2, C_4^2, \theta_5)$ - на технологической линии сортировки сократилось число обслуживающих линию работников на 15%.

$\gamma_3(W_3, C_1^3, C_2^3, C_3^3, \theta_5)$ - произошла замена блока участка подготовки сырья на резервный в связи с капитальным ремонтом основного, резервный блок работает на половину начальной мощности.

Данным ситуациям соответствуют рекомендации:

$$\gamma_2(W_2, C_4^2, \theta_5) = r_1^5;$$

$$\gamma_3(W_3, C_1^3, C_2^3, C_3^3, \theta_5) = r_2^5.$$

Выдаются следующие рекомендации:

r_1^5 - привлечь к обслуживанию технологической линии сортировки дополнительный персонал;

r_2^5 - обеспечить капитальный ремонт или замену на более современный блок участка подготовки сырья, также обеспечить повышенную производительность резервного блока, сравнимую с основным блоком подготовки сырья.

Рекомендации ОТК №9.

Механизм выдачи рекомендаций ОТК №9 будет выглядеть следующим образом. Его вектор структурного состояния в начальном состоянии:

$$S_{OTK9} = \{W_1(1,80,0,80), W_2(1,75,0,90), W_3(1,70,0,80), W_4(1,70,0,65)\};$$

далее после изменения показателя эффективности на $\theta_l=0,9$, вектор структурного состояния изменился:

$$S_{OTK9} = \{W_1(1,80,0,75), W_2(1,75,0,90), W_3(1,70,0,80), W_4(1,70,0,65)\}.$$

В итоге подсистема мониторинга генерирует ситуацию:

$\gamma_4(W_1, C_4^1, \theta_9)$ - на пункте управления и диспетчеризации технологического процесса сократилось число диспетчеров технологического процесса, что привело к повышению риска снижения стабильности управления технологическим процессом.

Данной ситуации соответствует рекомендация:

$$\gamma_4(W_1, C_4^1, \theta_9) = r_1^9.$$

Выдаются следующие рекомендации:

r_1^9 - привлечь в пункт управления и диспетчеризации дополнительный персонал.

После выдачи рекомендаций трем перерабатывающим предприятиям ПМЭ ОТК начинает работать в штатном режиме.

Выводы по главе 3

В рамках этой главы приведены требования к программному обеспечению подсистемы мониторинга, которые использовались для построения программного обеспечения мониторинга эффективности. Разработанная программная система обеспечивает целевые функции ПМЭ ОТК, а также удовлетворяет большинству предъявляемых требований к интерфейсу. Обеспечена возможность программы реагировать на ошибочные действия пользователя. Программная система была зарегистрирована в качестве электронного ресурса в Объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование» (Рег.№ 16797).

Рассмотрены типы систем, с которыми интегрируется подсистема мониторинга эффективности ОТК. Определено, что подсистема мониторинга ОТК эффективно дополняет рассмотренные программные системы управления предприятием. Выявлена необходимость наличия ПМЭ, как дополнительной функции ОТК, влияющей на оперативный анализ эффективности и применения управляющих воздействий с целью поддержания производства на оптимальном уровне и режиме работы.

Дана структура программной реализации ПМЭ ОТК, позволяющая осуществлять тиражирование программной системы для обеспечения ПМЭ большинства ОТК и унифицирующая подсистему мониторинга эффективности. Описана база данных ПМЭ, как основная составляющая программной системы, отражающая типы структур данных, взаимодействующих в составе программного обеспечения.

Проведенная апробация модельно-алгоритмического обеспечения в программной системе ПМЭ ОТК позволила выделить неэффективные предприятия в отрасли переработки твердых бытовых отходов России. В результате были выявлены три неэффективно работающих завода по переработке ТБО, которым даны рекомендации по повышению эффективности их работы путем воздействия на изменившиеся параметры объектов производственной системы. В главе продемонстрирована система выдачи рекомендаций по повышению эффективности работы предприятия за счет сформированных

модельных данных о гипотетических проблемах, которые могут возникать на предприятиях переработки ТБО. Фактические данные о производстве и модельные данные о гипотетических проблемах были получены на основе опроса при посещении рассматриваемых производств, а также по материалам II-й научно-практической конференции «Комплексное использование вторичных ресурсов и отходов» (Санкт-Петербург, 2019).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель, поставленная в исследовании, достигнута путем создания модельно-алгоритмического обеспечения подсистемы мониторинга ОТК, позволяющего автоматизировать процесс мониторинга эффективности предприятий, обеспечить обоснованность принятия решений по повышению эффективности работы предприятий. Программная реализация подсистемы мониторинга эффективности позволила повысить оперативность процесса мониторинга ОТК.

Впервые предложены способы применения методов сравнительной эффективности для оценки структуры организационно-технологических комплексов и анализа эффективности работы предприятий.

Показаны преимущества метода DEA по сравнению с параметрическими методами при решении задач анализа эффективности предприятий, такие как отсутствие ограничений на тип шкалы измерений, возможность расставлять приоритеты по отдельным выходам модели оценки эффективности, определять показатель эффективности, руководствуясь исключительно данными выборки, не прибегая к законам распределения.

Предложена модификация метода DEA, отличительной особенностью которой является учет дополнительных факторов для выходов модели при анализе и определении сравнительной эффективности предприятий. Новая модификация, применимая для перерабатывающих производств, позволяет оценивать комплексы предприятий, находящиеся на разных территориях, учитывая дифференциацию в сырьевом обеспечении, и дифференциацию в применении технологий переработки и получения продукта. Это позволило обоснованно судить о показателе эффективности.

Предложен способ мониторинга перерабатывающих предприятий нового класса, который повышает в 3,11 раза оперативность мониторинга ОТК, что позволит увеличить частоту выдачи рекомендаций предприятиям. Осуществлена программная реализация подсистемы мониторинга, позволяющая с учетом анализа показателя

эффективности выдавать рекомендации по реорганизации работы или структуры предприятия.

Проведенные измерения на основе разработанных методик анализа сравнительной эффективности и выдачи рекомендаций в составе подсистемы мониторинга показали, что 7 из 10 российских предприятий переработки твердых бытовых отходов работают эффективно.

Апробация разработанного модельно-алгоритмического обеспечения показала обоснованность использования подсистемы мониторинга, в рамках которой реализована модификация метода DEA, новой методики определения сравнительной эффективности предприятий, а также система выдачи рекомендаций.

Таким образом, результаты работы обеспечивают повышение оперативности мониторинга ОТК за счет реализации авторской методики оценки эффективности и последующего анализа структурного состояния неэффективных предприятий. Так как анализ структурного состояния производится в случае снижения показателя эффективности, который рассчитывается при минимальном количестве переменных модели DEA, характеризующих эффективность предприятия, то разработанная подсистема мониторинга существенно сокращает время на периодический анализ структурного состояния ОТК. Это, в свою очередь, позволяет использовать менее производительное вычислительное оборудование для осуществления мониторинга ОТК.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Алгоритмизация детерминированных моделей технологических циклов автоматизированных систем управления / И. В. Ковалев, П. В. Зеленков, В. В. Лосев [и др.] // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2016. – Т. 17, № 3. – С. 569-574. – EDN WVPTYN.
2. Андрейчиков А.В. Интеллектуальные информационные системы: Учебник / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова // М.: Финансы и статистика, 2004. – 424 с.
3. Анализ аппарата GERT-сетей для оценки вероятностной составляющей временных характеристик в многооконтурных системах управления АСУ ТП / И. В. Ковалев, В. В. Лосев, А. О. Калинин, М. В. Сарамуд // Наука, технологии, общество: экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий : сборник научных трудов III Всероссийской научной конференции с международным участием, Красноярск, 16–18 ноября 2022 года. – Красноярск: Общественное учреждение "Красноярский краевой Дом науки и техники Российского союза научных и инженерных общественных объединений", 2022. – С. 536-541. – EDN NXXKDI.
4. Анализ организационно-технологических комплексов предприятий на основе аналитического метода оценки эффективности сложных систем / Д. И. Ковалев, Е. В. Туева, А. В. Клименко, И. В. Ковалев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8-2. – С. 159-162. – EDN SFWDKB.
5. Анализ технологического оборудования систем автоматизированного мониторинга дымовых газов тепловых электростанций / И. В. Ковалев, Д. И. Ковалев, В. В. Колесник [и др.] // Сибирский журнал науки и технологий. – 2018. – Т. 19, № 4. – С. 683-690. – DOI 10.31772/2587-6066-2018-19-4-683-690. – EDN YTGPSP.
6. Капканников С.Г. Государственное регулирование экономики // КноРус, - 2013. – 110 с.
7. Болквадзе И.Р. Формирование системы мониторинга экономического состояния промышленного предприятия как фактор

повышения эффективности системы управления: дис...канд. эк.наук.- М. 2004.

8. Булей Н.В. Повышение эффективности управления машиностроительным предприятием на основе создания информационной системы мониторинга производственного процесса: автореф. дис. эк. наук. — Орел, 2007. —23 с.
9. Бретт Маклафлин. Объектно-ориентированный анализ и проектирование / Дэйв Уэст, Гэри Поллайс // Питер, 2013. 560с.
10. Вальков В.М. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. – 3-е изд., перераб. и доп. /В.М. Вальков, В.Е. Вершин // Л.: Политехника, 1991. – 269 с.
11. Васильков Ю.В. Статистические методы в управлении предприятием / Ю.В. Васильков, Н.Иньяц // М.: РИА "Стандарты и Качество", 2007.- 280 с.
12. Выжигин А. Ю. Гибкие производственные системы / А. Ю. Выжигин // М.: Машиностроение, 2009. 288с.
13. Гаврилов Д.А. Управление производством на базе стандарта MRP II. – СПб.: Питер, – 2003. – 352с.
14. Гончарова И.С., Ковалев И.В. Повышение эффективности метода DEA за счет предварительного анализа параметров предприятия // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2011. Т. 1. № 7. С. 313-314.
15. Гончарова, И. С. Модельно-алгоритмическая поддержка анализа экономической деятельности структурно-связанных подразделений фирмы / И. С. Гончарова, И. В. Ковалев // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2012. – Т. 1, № 8. – С. 293-294. – EDN ТАРJPV.
16. Дейт, К. Введение в системы баз данных. 6-е издание / К. Дейт // Киев: Диалектика, 1998. 784 с.
17. Деменков, Н.П. SCADA-системы как инструмент проектирования АСУ ТП. Учеб. пособие / Н.П. Деменков // М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 328с.
18. Деменков, Н.П. SCADA-системы как инструмент проектирования АСУ ТП. Учеб. пособие / Н.П. Деменков // М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 328с.

19. Иванов А. П. Регистрация и сбор первичной информации в ОТК / А. П. Иванов, С. Б. Абрамов // М.: Энергия, –1978. –88 с.
20. Иванов А.И. Комплексная переработка бокситов / А.И. Иванов, Г.Н. Кожевников, Ф. Г. Ситдиков, Л. П. Иванова // Екатеринбург: РИО УрОРАН, 2003. – 182 с.
21. Использование современных математических методов в задачах идентификации сложных технических объектов / М. В. Посконин, А. О. Калинин, М. В. Сарамуд [и др.] // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск, 19 мая 2017 года / Под общей редакцией Ю.Ю. Логинова. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2017. – С. 499-500. – EDN YQKPPN.
22. Калинин, А. О. Общая методология расчета времени реакции системы автоматического управления на изменение критических параметров технологических процессов / А. О. Калинин // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : Сборник статей студентов, аспирантов и молодых ученых Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Красноярск, 19–20 мая 2016 года. Том 2. – Красноярск: Сибирский государственный технологический университет, 2016. – С. 216-218. – EDN ZBDCLZ.
23. Карагыгин С.А. Энциклопедия СУБД Paradox 4.5 для DOS / С.А.Карагыгин, А.Ф. Тихонов // Том 1. – М.: Мир 1994. – 1024 с.
24. Корнеенко В.П. Методы оптимизации: Учебник / В.П. Корнеенко. – М.:Высш.шк., 2007. – 664 с.
25. Кузнецов С.Д. Операционные системы для управления базами данных / С.Д. Кузнецов // Журнал «СУБД». №3. – Москва, 1996. - С.95-102.
26. Левин Н. А. Оптимизация технологии обработки информации в АСУ / Н. А. Левин, Е. Г. Гендель // М.: Статистика, 1977. - 232 с.
27. Лесниченко М.С. Мониторинг производственно-экономической деятельности предприятия энергетики: дис...канд.эк.наук. – М.:2002.
28. Леффлер У.Л. Переработка нефти. – 2-е изд. пересмотренное. /Пер. с анг. – М.: Олимпбизнес, 2004. – 224 с.

29. Лычев А.В. Развитие и обобщение моделей методологии анализа среды функционирования для анализа деятельности сложных систем: Автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. — М., 2008. — 26 с.
30. Математическое моделирование и алгоритмизация функций мониторинга технологических процессов на основе многоточечных измерительных систем / И. В. Ковалев, Д. И. Ковалев, В. В. Лосев [и др.] // Современные научноемкие технологии. – 2021. – № 6-1. – С. 29-38. – DOI 10.17513/snt.38693. – EDN ERYLYC.
31. Методика расчета временных характеристик элементов автоматизированной системы управления на примере замкнутого контура регулирования давления на участке трубопровода под управлением контроллера "Овен плк100 220" / А. О. Калинин, М. В. Посконин, М. В. Сарамуд [и др.] // Сибирский журнал науки и технологий. – 2017. – Т. 18, № 2. – С. 387-395. – EDN YMACHO.
32. Методологический подход идентификации функции объекта системы автоматического регулирования непрерывного технологического процесса / И. В. Ковалев, П. В. Зеленков, В. В. Лосев [и др.] // Решетневские чтения. – 2016. – Т. 2. – С. 38-40. – EDN YHZOZT.
33. Моисеев С.Р. Аналитический отчет. Эффективность российских банков. М.:Изд-во МФПА, 2007. – 20 с.
34. Моргунов Е.П. Многомерная классификация на основе аналитического метода оценки эффективности сложных систем: дис...канд.техн.наук. – Красноярск, 2003.
35. Моргунов, Е. П. Многомерная классификация на основе аналитического метода оценки эффективности сложных систем. – Красноярск: НИИ СУВПТ, 2003. – С.160.
36. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 207 с.
37. Новожилов, А. А. Применение метода DEA и его модификации для анализа организационно-технических систем / Рукавицына Т. А // Вестник НИИ СУВПТ: сб. научн. трудов / под общей ред. профессора Н.В. Василенко. – Красноярск: Вестник НИИ СУВПТ, 2008. - Вып. 26. - С. 137-145.
38. Новожилов, А.А. Анализ эффективности организационно-технологических комплексов предприятий / И.В.Ковалев, А.А. Новожилов, Т.А. Рукавицына // Системы управления и

информационные технологии. - Вып. 4 (42). – Москва–Воронеж, 2010. – С. 36-39.

39. Новожилов, А.А. Аналитическая система по организации переработки отходов // Вестник НИИ СУВПТ: сб. научн. трудов / под общей ред. профессора Н.В. Василенко. – Красноярск: НИИ СУВПТ, 2007. – Вып. 25. – С.137-144.

40. Новожилов, А.А. Возможности конструктивных решений проблемы утилизации отходов // Междисциплинарный уровень интеграции современных научных исследований: сб.ст. Российской академии естествознания. – М: РАЕ, 2008. – С.43-44.

41. И.В. Ковалёв. Инstrumentальная модель подсистемы мониторинга ОТК «MonEff-ERP» v.1.0 /А.А. Новожил // М.: ВНТИЦ, 2011. – Рег. № 16797.

42. Новожилов, А.А. Использование метода DEA для анализа эффективности перерабатывающей отрасли /А.А. Новожилов// Фундаментальные исследования: сб.ст. Российской академии естествознания. – М: РАЕ, 2009. - С.43-44.

43. Новожилов, А.А. Метод DEA для анализа функционирования предприятий по переработке твердых бытовых отходов /А.А. Новожилов // Информатика и системы управления. – 2010. Выпуск №1(23). – С.98-103.

44. Новожилов, А.А. Метод оценки эффективности деятельности перерабатывающих предприятий / А.А.Новожилов // Комплексное использование вторичных ресурсов и отходов: сб.ст. II Научно-практической конференции. – С-П: НПК «Механобр-техника», 2009. – С.86-87.

45. Новожилов, А.А. Моделирование перерабатывающей отрасли /А.А. Новожилов// Молодежь и наука: начало XXI век. сб. мат. V Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Красноярск: СФУ, 2009. – 336-338 с.

46. Новожилов, А.А. Необходимость глубокой переработки отходов в условиях Красноярского края /А.А. Новожилов //Вестник НИИ СУВПТ: сб. научн. трудов / под общей ред. профессора Н.В. Василенко. – Красноярск: НИИ СУВПТ, 2007. – Вып. 25. – С.27-33.

47. Новожилов, А.А. Система избыточной переработки ТБО /А.А. Новожилов// Вестник НИИ СУВПТ: сб. научн. трудов / под общей ред.

- профессора Н.В. Василенко. – Красноярск: НИИ СУВПТ, 2007. – Вып. 25. – С.155-160.
48. Новожилов, А.А.. Математическое моделирование отрасли по переработке отходов /А.А. Новожилов// Актуальные проблемы авиации и космонавтики. сб.ст. Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов. – Красноярск: СибГАУ, 2009. – С. 339-340.
49. Об утверждении критериев оценки высокотехнологичных производств и предприятий: Приказ Министерства экономики Республики Беларусь и Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 07.05.1999 №105/41 //Приказ. – 2007.
50. О'Лири Д. ERP Системы. Современное планирование и управление ресурсами предприятия. – М.: ООО «Вершина», 2004. – 272 с.
51. Охтелев М.Ю. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов /М.Ю. Охтелев, Б.В. Соколов, Р.М. Юсупов // М.: Наука, 2006. – 410 с.
52. Охтелев М.Ю. Основы теории автоматизированного анализа измерительной информации в реальном времени. Синтез системы анализа. - СПб.: ВИКУ им. А.Ф.Можайского, 1999. - 161 с.
53. Пашенко Я.Н. Формирование системы мониторинга как инструмента повышения эффективности функционирования промышленных предприятий: дис...канд.эк.наук. – Краснодар, 2006.
54. Поддержка принятия решений при проектировании систем защиты информации / В. В. Золотарев, А. М. Попов, В. В. Бухтояров [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2014. – 131 с. – ISBN 978-5-16-009519-6. – EDN UF GGJN.
55. Производственный менеджмент / Под ред. С. Д. Ильенковой. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 583с.
56. Рукавицына Т.А. Развитие модели методологии DEA. // Вестник СибГАУ. -Вып. №3(24). - С.74-77.
57. Савин А.Г. Совершенствование методов и средств автоматизации обработки данных бухгалтерского учета в ОТК (на

примере учета и анализа готовой продукции, ее отгрузки и реализации): дисс...канд.экон.наук. – М.1985.- С.30-37.

58. Сафин М.М. Построение алгоритмов сечений эффективного фронта эффективными подпространствами в методологии Анализа Среды Функционирования: Автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. — М., 2008. — 27 с.
59. Сафонов Н.А. Экономика предприятия. - М.: «Юристъ», 1998. - 584 с.
60. Секунов Н.Ю. Самоучитель C#. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 576 с.
61. Сиволап А.В. Современные решения по сбору и переработке ТБО // Культура народов Причерноморья. — 2004. — N55.— С. 38-41.
62. Соболев, О.С. Прогресс в области SCADA-систем и проблемы пользователей / О.С. Соболев // Журнал «Мир компьютерной автоматизации». №3, 1999. – С.20-24.
63. Соломатин Н.А. Автоматизированные системы управления предприятиями и объединениями: (Разработка, внедрение, развитие) / Н.А. Соломатин, В.И. Дудорин, А.И. Ларионов и др. // М.: Экономика, 1985. – 248с.
64. Солтер Н. А. C++ для профессионалов / Н. А. Солтер, С. Дж. Клепер // М.: Диалектика, - 2006. – 912 с.
65. Стенли Б. Липпман, Жози Лажойе, Барбара Э. Му. Язык программирования C++. – Вильямс, 2014. – 1052 с.
66. Успенский В.А. Теория алгоритмов: Основные открытия и приложения / В.А. Успенский, А.Л. Семенов // М.: Наука, 1987. – 288 с.
67. Фролов Е.Б., Загидуллин Р.Р. MES-системы как они есть или Эволюция систем планирования производства // Генеральный директор, №4, 2008, – С.84-91.
68. Хасанов Е.Р., Зеленков П.В., Бахмарева К.К., Смирнов О.О. Система анализа эффективности деятельности предприятий социальной сферы // Путь науки. 2015. № 1 (11). С. 48-49.
69. Хасанов Е.Р., Смирнов О.О., Бахмарева К.К., Зеленков П.В. К вопросу анализа эффективности деятельности предприятий ЖКХ //Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 7-1 (26). С. 60

70. Хасанов Е.Р., Зеленков П.В., Смирнов О.О. Баланс социальной и экономической эффективности в анализе деятельности предприятий ЖКХ // Потенциал современной науки. 2014. № 4. С. 30-32
71. Хасанов Е.Р., Зеленков П.В. Информационные технологии в оценке эффективности деятельности предприятий // В сборнике: Материалы Всероссийской молодежной конференции "Информационно-телекоммуникационные системы и технологии (ИТСиТ-2012)" Кемерово, 2012. С. 82.
72. Цапленко М.Ш. Реляционные модели базы данных: (Обзор) //Алгоритмы и организация решения экономических задач. М.: Статистика, 1977. – Вып.9. – С.18-35.
73. Чернов Ю.П. Линейное программирование. – LAP Lambert Academic Publishing, 2015. – 34 с.
74. Analysis of software and hardware technologies of information-measuring systems for environmental monitoring / I. V. Kovalev, N. A. Testoyedov, D. I. Kovalev [et al.] // Journal of Physics: Conference Series: II International Scientific Conference on Metrological Support of Innovative Technologies (ICMSIT II-2021), St.Petersburg, 03–06 марта 2021 года. Vol. 1889. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 32039. – DOI 10.1088/1742-6596/1889/3/032039. – EDN OSZNZZ.
75. Analysis of nonparametric methods for assessing the comparative efficiency of agro-industrial enterprises / I. V. Kovalev, N. V. Zenutkin, A. A. Voroshilova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 16–19 июня 2021 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Vol. Volume 839. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 22097. – DOI 10.1088/1755-1315/839/2/022097. – EDN QUSVVK.
76. Analysis of the comparative efficiency of wind power plants based on the geographical location and climatic conditions / I. V. Kovalev, N. V. Zenutkin, A. A. Voroshilova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, 17–18 июня 2021 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Vol. Volume 848. – Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 12109. – DOI 10.1088/1755-1315/848/1/012109. – EDN KNAYWF.

77. Charnes, A. Measuring the Efficiency of Decision Making Units / A. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes // European Journal of Operational Research. -1978.- Vol. 2.- P. 429–444.
78. Chen Y. DEA Models for Identifying Critical Performance Measures /J.Zhu, Y. Chen. – Boston: Kluwer Academic Publishers, 2003. – P.225-244.
79. Coelli, T. An introduction to efficiency and productivity analysis / T.Coelli, D.S. Prasada Rao, G.E. Battese // Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.
80. Combined efficiency margin in the implementation of the DEA method / I. V. Kovalev, A. S. Kuznetsov, N. V. Zenutkin [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk, 18–21 ноября 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 734. – Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 12036. – DOI 10.1088/1757-899X/734/1/012036. – EDN AQYUVC.
81. Computational approach to synthesis of the multiversion structure of distributed information decision-making support system / I. V. Kovalev, N. A. Testoyedov, A. A. Voroshilova [et al.] // Journal of Physics: Conference Series, Krasnoyarsk, Russia, 24 сентября – 03 2021 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. Volume 2094. – Krasnoyarsk, Russia: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 32068. – DOI 10.1088/1742-6596/2094/3/032068. – EDN WSDMFU.
82. Cooper W. W. Handbook on Data Envelopment Analysis / W. W. Cooper, L. M. Seiford, J. Zhu (Eds.). – Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004. – 608 p.
83. Cooper W. Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software Second Edition // W. Cooper, Lawrence M. Seiford, K. Tone, Springer Science+Business Media, LLC, 2007.
84. DEA method application to evaluating the efficiency of heat and wind generating complexes / N. V. Zenyutkin, I. V. Kovalev, M. V. Karaseva [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk, 18–21 ноября 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 734. – Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP

Publishing Limited, 2020. – P. 12213. – DOI 10.1088/1757-899X/734/1/012213. – EDN YRSOGB.

85. Development of machine schedule at engineering enterprises / I. V. Kovalev, M. V. Karaseva, A. A. Voroshilova, E. V. Tuev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019", Krasnoyarsk, 04–06 апреля 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 537. – Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. – P. 52038. – DOI 10.1088/1757-899X/537/5/052038. – EDN JXEBLR.

86. Eilat H. Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology / H.Eilat, B.Golany, A. Shtub // European Journal of Operational Research, 2006. – P. 1018–1039.

87. Ensuring the safety and reliability of automated manufacturing processes of hazardous industries / I. V. Kovalev, P. A. Kusnetsov, V. V. Losev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk, 16–18 апреля 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 862. – Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 62105. – DOI 10.1088/1757-899X/862/6/062105. – EDN ZUNNNI.

88. Farrell, M.J. The Measurement of Productive Efficiency / M.J. Farrell // Journal of The Royal Statistical Society, Series A (General), Part III.–1957.– Vol. 120.– Pp. 253–281.

89. Kovalev, I. V. Analysis of the economic effect of increasing the reliability of information systems of digital agricultural enterprises / I. V. Kovalev, N. A. Testoyedov, E. V. Tuev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies, Volgograd, Krasnoyarsk, 18–20 июня 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 548. – Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 32043. – DOI 10.1088/1755-1315/548/3/032043. – EDN KTDYWI.

90. Monitoring of production processes in the waste processing industry and their impact on the environment / I. V. Kovalev, D. I. Kovalev, A. A. Voroshilova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18–20 ноября 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Vol. Volume 677. – Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 52115. – DOI 10.1088/1755-1315/677/5/052115. – EDN SQKYJB.
91. Simar L. Stochastic FDH/DEA estimators for frontier analysis / L. Simar, V. Zelenyuk // Springer Science+Business Media, 2010. – P.350-371.
92. Stadtler H. Supply Management and Advanced Planning / H. Stadtler, Kilger C. // Springer Science+Business Media, 2008. – 556p.
93. The software implementation of the technological process specialized models executed as the real-time operating system threads / V. V. Losev, I. V. Kovalev, N. A. Testoyedov [et al.] // AIP Conference Proceedings: 2, Krasnoyarsk, 29–31 июля 2021 года. – Krasnoyarsk, 2022. – P. 040020. – DOI 10.1063/5.0092640. – EDN OUUYXI.
94. The efficiency analysis of the automated plants / I. Kovalev, P. Zelenkov, S. Ognerubov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: XVII International Scientific Conference "Reshetnev Readings", Krasnoyarsk, 12–14 ноября 2014 года. Vol. 70. – Krasnoyarsk: Institute of Physics Publishing, 2015. – P. 012007. – DOI 10.1088/1757-899X/70/1/012007. – EDN UEMYPJ.

Научное издание

Ковалев Игорь Владимирович

**ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ МОНИТОРИНГЕ
СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Монография

В авторской редакции

Подп. в печать 20.05.2023. Формат 60x84/16. Бумага офсетная.

Печать плоская. Усл. печ. л. 6,9. Уч.-изд. л. 8,7.

Тираж 100 экз. Заказ _____.

Издательство ОУ «Красноярский краевой Дом науки и техники
Российского Союза научных и инженерных общественных
объединений» (ОУ «ККДНиТ»)
660049, г. Красноярск, улица Урицкого, д. 61.
Тел. (391) 227-85-00, info@domnit.ru
www.domnit.ru

Отпечатано в типографии
«4U PRINT», 660050, Красноярский край, Красноярск,
улица Кутузова, дом № 1, строение 37;
2096828@mail.ru;
+7 (391) 209-68-28.

ISBN 978-5-6049733-1-8

A standard linear barcode is positioned vertically on the left side of the page. It is composed of vertical black bars of varying widths on a white background.

9 785604 973318