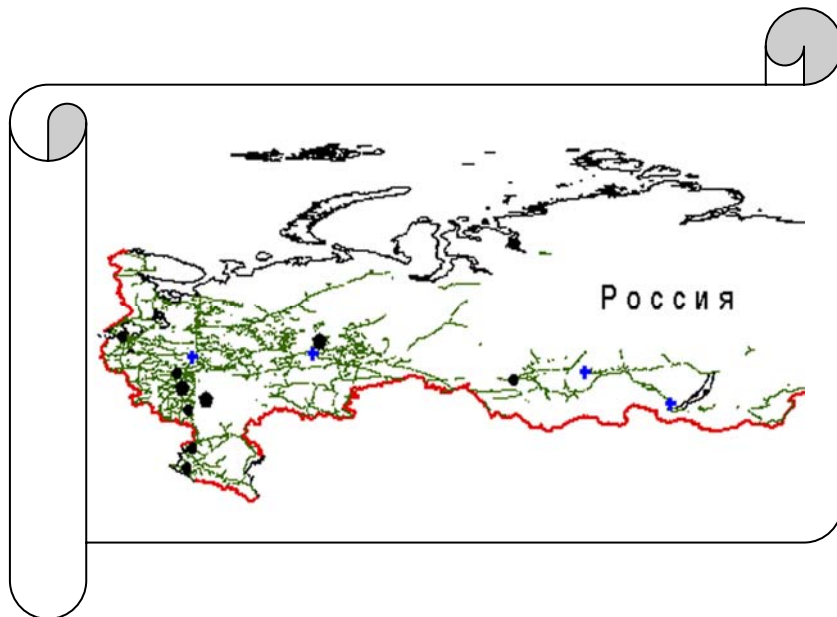


Ю.В. Немтинова, Б.И. Герасимов

КАЧЕСТВО
ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ



МОСКВА

"ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ-1"
2007

УДК 330.322.011:061.5
ББК У9(2)301-56
Н506

Рецензенты:

Доктор экономических наук, профессор ТГУ им. Г.Р. Державина
Ю.А. Кармышев

Доктор технических наук, профессор
Российской экономической академии им. Г.В. Плеханова
И.И. Попов

Немтинова, Ю.В.

Н506 Качество инвестиционных проектов промышленных производств : монография / Ю.В. Немтинова, Б.И. Герасимов ; под науч. ред. д-ра экон. наук, проф. Б.И. Герасимова. – М. : "Издательство Машиностроение-1", 2007. – 104 с. – 500 экз. – ISBN 978-5-94275-333-7.

Рассмотрена методология построения моделей принятия решений по качеству инвестиционных проектов (на примере отдельных классов производственных технических систем – химических и машиностроительных производств).

Предназначена для научных работников и специалистов по экономической теории и управлению качеством промышленных производств, а также преподавателей, аспирантов и студентов экономических специальностей университетов и других высших учебных заведений.

УДК 330.322.011:061.5
ББК У9(2)301-56

ISBN 978-5-94275-333-7

© НЕМТИНОВА Ю.В., ГЕРАСИМОВ Б.И., 2007

© "Издательство Машиностроение-1",

2007

Ю.В. НЕМТИНОВА, Б.И. ГЕРАСИМОВ

**КАЧЕСТВО
ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Монография

Под научной редакцией доктора экономических наук,
профессора Б.И. Герасимова

МОСКВА
"ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ-1"
2007

Научное издание

**Немтинова ЮЛИЯ ВЛАДИМИРОВНА,
Герасимов БОРИС ИВАНОВИЧ**

**КАЧЕСТВО
ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Монография

Редактор Т.М. Глинкина
Инженер по компьютерному макетированию М.Н. Рыжкова

Подписано в печать 05.03.2007
Формат 60 × 84/16. 6,04 усл. печ. л. Тираж 500 экз. Заказ № 175

"Издательство Машиностроение-1"
107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Подготовлено к печати и отпечатано в Издательско-полиграфическом центре
Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14
Контактный телефон 8-4752-71-81-08

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	5
1.1. Лингвистические оценки	8
1.2. Количественные оценки	11
2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО КАЧЕСТВУ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ	28
2.1. Применение теории сложных систем при решении задачи оценки качества инвестиционного проекта	30
2.2. Комплексная оценка при принятии решения задачи оценки качества инвестиционного проекта	42
2.3. Инструментальные методы анализа вариантов принятия решений при оценке качества инвестиционного проекта ..	44
3. ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ	51
3.1. Оценка технологических процессов производства целевой продукции	51
3.1.1. Оценка технологических процессов получения целевой химической продукции	51
3.1.2. Оценка технологических процессов получения целевой машиностроительной продукции	58
3.2. Оценка экологических параметров качества инвестиционных проектов.....	69
3.3. Оценка экономической целесообразности реализации инвестиционного проекта	83
3.4. Дефазификация лингвистических параметров качества инвестиционных проектов	88
3.5. Практическая реализация методологии оценки качества инвестиционного проекта при размещении технических систем	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	96

ВВЕДЕНИЕ

Бесспорной является зависимость стабильного развития экономики от уровня интенсивности инвестиционных процессов в ее производственном секторе. Поскольку основной формой осуществления инвестиционной деятельности являются инвестиционные проекты, то для достижения экономического роста необходима успешная реализация последних, что возможно лишь при их качественном обосновании с учетом всего комплекса факторов окружения конкретного проекта. При этом важно учитывать специфику различных отраслей промышленных производств, что позволит повысить точность оценки качества проекта.

В данной работе понятие "качество инвестиционного проекта" означает совокупность параметров проекта, относящих его к способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности инвестора, т.е. соответствие параметров проекта требованиям экономической и технологической эффективности, и экологической безопасности.

Наличием множества разнородных факторов, которые оказывают влияние на разработку и последующую реализацию инвестиционных проектов, определяется необходимость рассмотрения инвестиционных процессов с позиции теории сложных систем.

Учитывая сложность общей задачи по оценке качества инвестиционного проекта, предлагается последовательное решение подзадач, результатом которого является вариант инвестиционного проекта, оптимальный с точки зрения рассматриваемых параметров качества.

Вышеприведенные положения не нашли должного отражения в научной литературе, где рассматриваются лишь отдельные аспекты оценки инвестиционных проектов, в подавляющем большинстве – с позиций экономической эффективности, что обусловило высокую практическую значимость исследования инвестиционных процессов с позиций комплексного подхода.

В данной работе осуществлена оценка качества инвестиционных проектов производственных технических систем на примере двух характерных классов:

- производств, для получения целевой продукции которых используются чаще всего уникальные технологии, а все множество видов отходов может быть обезврежено с помощью достаточно большого количества различных технологий (химических производств);

- производств, для получения целевой продукции которых могут быть использованы различные и технологии и виды оборудования, а отходами являются незначительные газовые выбросы (машиностроительных производств).

1. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Проблемы инвестиционной деятельности промышленных предприятий, оценки эффективности инвестиций всегда привлекали к себе внимание экономистов различных школ и направлений экономической науки.

Теоретические и практические основы инвестиций промышленного предприятия, показателей оценки их эффективности рассматриваются в работах как отечественных, так и зарубежных ученых. Среди отечественных авторов следует назвать работы В.Н. Богачева, П.Г. Бунича, В.Н. Егизаряна, В.В. Коссова, В.Н. Лившица, М.А. Лиматовского, И.В. Липсица, А.Л. Лурье, Д.С. Львова, В.В. Навожилова, Т.С. Хачатурова и др.

Среди зарубежных экономистов следует отметить таких ученых, как М. Бромвич, С. Беренс, Ю. Блех, Г. Бирман, Дж. Ван Хорн, У. Гетц, Дж. Кейнс, П. Массе, П. Хавранек, Р. Холт, Я. Хонко, У. Шарп, С. Шмидт и др.

В условиях становления рыночных отношений отдельные стороны проблемы исследуют В.Д. Андрианов, И.Т. Балабанов, Ю.В. Богатин, А.В. Воронцовский, Б.И. Герасимов, Л.Т. Гитляровская, В.В. Ковалев, Т.В. Теплова, В.А. Швандар, А.Д. Шеремет, В.М. Юрьев и другие авторы. Несмотря на это, многие вопросы инвестиционной деятельности промышленного предприятия и оценки качества инвестиционного проекта недостаточно полно освещены. Значительное число существующих теоретических разработок имеют разную целевую направленность и зачастую не позволяют составить целостную картину об инвестициях промышленных предприятий, показателях оценки их эффективности. Сегодня в экономической литературе нет единства мнений в отношении методов и показателей оценки эффективности инвестиций, нерешенными остаются вопросы оценки качества инвестиционных проектов промышленных предприятий в условиях рыночного ведения хозяйства. Имеет место и ряд других нерешенных проблем.

Современные тенденции развития менеджмента в России привели к появлению среди прочих такой подсистемы как "управление проектом" (project management). Ее появление было обусловлено переходом страны от командно-административной к рыночной экономике и связанной с этим необходимостью пересмотра существующих централизованных методов управления и распространения управляющего воздействия на всех уровнях экономической системы.

Существует множество близких по содержанию, однако имеющих свои нюансы, определений понятия "проект". Все они базируются на трех основных характеристиках проекта: наличии уникальной цели, ограниченности во времени, наличии ограничений по ресурсам.

Как определено в стандарте ГОСТ Р ИСО 9000–2001 проект – это уникальный процесс, состоящий из совокупности скоординированной и управляемой деятельности с начальной и конечной датами, предпринятый для достижения цели, соответствующей конкретным требованиям, включающий ограничение сроков, стоимости и ресурсов [76].

Рядом исследователей были даны варианты классификации проектов по различным основаниям. Эти исследования проводились В.И. Воропаевым, В.В. Шереметом, В.Д. Шапиро, И.И. Мазуром, Н.Г. Ольдерогге, А.М. Нелечиним и др.

Управление проектом (проектное управление) – особый вид управленческой деятельности, базирующийся на предварительной коллегиальной разработке комплексно-системной модели действий по достижению оригинальной цели и направленный на реализацию этой модели. В литературе по проектному управлению [35, 46, 47, 84] подробно описаны различные составляющие управления проектом. Подробнее остановимся на подсистемах управления проектом [84] (рис. 1.1).

В данной работе внимание будет уделено управлению качеством инвестиционного проекта, а именно, подсистеме оценки качества инвестиционного проекта.

Эксперты Всемирного банка определяют инвестиционный проект, как "дискретную совокупность ресурсов, инвестиций и определенных действий, имеющих своей целью устранение или смягчение различного рода ограничений на развитие и достижение более высокой производительности и улучшение жизни определенной части населения за данный промежуток времени" [20].



Рис. 1.1. Подсистемы управления проектом

В отечественной научной литературе даны различные определения инвестиционного проекта. В работе В.П. Шпеаева, Б.С. Ирнязова инвестиционный проект определяется как "совокупность ресурсов, инвестиций и определенных действий, имеющих своей целью удовлетворение тех или иных потребностей и получение прибыли в рамках определенного периода". Золотогоров В.Г. более конкретизировал понятие инвестиционного проекта, определяя его как комплексный план мероприятий, включающий проектирование, строительство, приобретение технологий и оборудования, подготовку кадров, направленных на создание нового или модернизацию действующего производства товаров (продукции, работ, услуг) с целью получения экономической выгоды [35]. В работе [101] предложено следующее определение понятия "инвестиционный проект": организационно-экономическая система, создаваемая для реализации эффективного вложения ресурсов в предприятие для достижения поставленных целей.

Нередко в отечественной литературе встречаются попытки поставить знак равенства между инвестиционным проектом и бизнес-планом. С этим нельзя согласиться. Причиной является, возможно, недостаточное представление о ключевых аспектах подготовки бизнес-плана реализации инвестиционного проекта.

В качестве объектов инвестиций могут выступать:

- строящиеся, реконструируемые или расширяющиеся предприятия, здания, сооружения;
- производство новых изделий на имеющихся предприятиях;
- повышение безопасности производства или защиты окружающей среды;
- прочие инвестиции.

Для таких форм реального инвестирования, как обновление отдельных видов оборудования, приобретение отдельных видов нематериальных активов, увеличение запасов материальных оборотных активов, которые не требуют высоких инвестиционных затрат, обоснование инвестиционных проектов носит форму внутреннего документа, в котором излагаются мотивация, объектная направленность, необходимый объем инвестирования и ожидаемая его эффективность. При осуществлении таких форм реального инвестирования, как приобретение целостных имущественных комплексов, новое строительство, перепрофилирование, реконструкция и широкомасштабная модернизация предприятия, требования к подготовке инвестиционного проекта возрастают. Это связано в том, что в современных экономических условиях предприятия не могут обеспечить свое стратегическое развитие только за счет внутренних финансовых ресурсов и привлекают на инвестиционные цели значительный объем средств за счет внешних источников финансирования. Любой крупный сторонний инвестор или кредитор должен иметь четкое представление о стратегической концепции проекта; его масштабах; важнейших показателях маркетинговой, экономической и финансовой его результативности; объеме необходимых инвестиционных затратах и сроках возврата и др. его характеристиках.

В зависимости от вида инвестиционных проектов, изложенных в рассматриваемой классификации, дифференцируются требования к их разработке. Разработка и претворение в жизнь инвестиционного проекта осуществляется в течение длительного периода времени.

В данной работе рассмотрению подлежат инвестиционные проекты по размещению технических систем и производству новых изделий на действующих предприятиях.

1.1. ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ

В условиях современной экономики вопросы качества являются принципиально важными с точки зрения достижения целей проекта и его успеха. Подсистема управления качеством наряду с такими подсистемами, как управление стоимостью и продолжительностью, по праву должна рассматриваться как ключевая.

Качество – это совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые потребности [76]. Таким объектом может быть как проект в целом, так и продукция проекта, ресурсы проекта и другие его составляющие.

Обычно потребности формулируются с помощью характеристик на основе установленных критериев. Потребности могут включать, например, эксплуатационные характеристики, функциональную пригодность, надежность (готовность, безотказность, ремонтпригодность), безопасность, воздействие на окружающую среду, экономические, эстетические и культурно-исторические требования. Ввиду того, что изменение товарно-функционального пространства сегодня происходит очень быстро, основное значение в настоящее время имеют предполагаемые потребности, или ожидания.

Качество как совокупность характеристик продукции или услуг, относящихся к их способности удовлетворять установленные или предполагаемые потребности, многомерно. Основные (общие, типичные) параметры качества продукции представлены на рис. 1.2 [84].

В управлении проектом принято различать четыре ключевых аспекта качества:

1) качество, обусловленное соответствием рыночным потребностям и ожиданиям. Достигается благодаря определению и актуализации потребностей и ожиданий потребителя в целях их удовлетворения, а также точному анализу возможностей рынка;



Рис. 1.2. Параметры качества продукции

2) качество разработки и планирования проекта. Достигается благодаря тщательной разработке самого проекта и его продукции;

3) качество выполнения работ по проекту в соответствии с плановой документацией. Обеспечивается путем поддержания соответствия реализации проекта его плану и обеспечения разработанных характеристик продукции проекта и самого проекта;

4) качество материально-технического обеспечения проекта. Достигается посредством материально-технического

обеспечения проекта на протяжении всего его жизненного цикла.

Данные четыре аспекта качества являются достаточными для управления традиционными, т.е. терминальными, проектами. В случаях расширения жизненного цикла проекта (происходит в развивающихся и открытых проектах) необходимо включать дополнительные аспекты качества, как:

- качество эксплуатации продукции проекта, которое включает в себя качество непосредственного использования продукции проекта в соответствии с определенными требованиями и инструкциями изготовителя по эксплуатации, качество послепродажного обслуживания и взаимодействия с потребителем;
- качество развития продукции проекта, которое определяется быстротой и гибкостью реагирования производителя на изменение потребностей и ожиданий заказчиков, а также качеством управления процессами изменения конфигурации продукции проекта;
- качество утилизации и переработки продукта после использования.

Современная концепция управления качеством при управлении проектом изложена в стандарте по управлению качеством проекта ГОСТ Р ИСО 10006–2005 Системы менеджмента качества. Руководство по менеджменту качества при проектировании и базируется на общеизвестной методологии [77] Всеобщего управления (Total Quality Management).

В соответствии с этой методологией управление качеством должно обеспечиваться на всех стадиях жизненного цикла проекта.

Жизненный цикл инвестиционного проекта – период времени от момента начала его реализации до момента, когда этот проект прекращает свое существование на рынке (ликвидируется) [94].

Состояния, через которые проходит проект, обычно обозначаются как фазы (этап, стадии).

В работе [84] представлена схема (рис. 1.3) жизненного цикла проекта. В целом, каждой фазе присущи свои особенности, но, тем не менее, они взаимообусловлены и обеспечивают успех при интеграции их в единое целое.

Каждая выделенная фаза (этап) может делиться на фазы и этапы следующего уровня (подфазы и подэтапы). Обеспечить однозначные распределения фаз и этапов выполнения проекта в логической последовательности и во времени в общем случае практически невозможно.

В реальных российских условиях особенно важное значение приобретает грамотное проведение прединвестиционной фазы. Для того, чтобы обеспечить успешное финансирование конкретного инвестиционного проекта, необходимо, во-первых, тщательно проработать концепцию проекта. Во-вторых, следует оценить его эффективность. В-третьих, проработать технико-экономическое обоснование инвестиций. В-четвертых, необходимо разработать качественный бизнес-план практической реализации проекта.



Рис. 1.3. Схема жизненного цикла проекта

На каждой стадии разработки и реализации инвестиционного проекта обосновывается его эффективность, анализируется доходность, т.е. проводится проектный анализ, позволяющий сопоставить затраты с полученными результатами. В качестве главных критериев привлекательности инвестиционного проекта выступают его финансовая целесообразность, ориентирующая на производственные и ресурсные возможности, техническая осуществимость, эффективность, социальная целесообразность. Из вышеизложенного следует утверждение о сложности, многогранности и рискованности реального процесса прохождения от идеи проекта до подведения итогов.

1.2. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ

Общими критериями оценки привлекательности инвестиционного проекта являются их финансовая состоятельность (финансовая оценка) и эффективность (экономическая оценка).

С точки зрения инвестиционного менеджмента, оценка эффективности инвестиционных проектов – это процедура, представляющая сопоставление рассчитанных показателей эффективности с установленными критериями эффективности и принятие на основании этого решения о целесообразности реализации инвестиционного проекта [6].

Ниже приведен обзор и характеристика существующих количественных экономических оценок (показателей оценки эффективности) инвестиционного проекта.

Для командно-административной экономики СССР при оценке экономической эффективности использовались статические показатели. В [94] приведена система существовавших показателей и обоснована невозможность их применения в условиях современной экономики в России. Также в [94] приведены принципы, на основе которых должна базироваться система экономической оценки эффективности инвестиционных проектов: принципы возврата, реальности, дифференцированности, вариации.

С учетом приведенных принципов рассмотрим возможные к применению методики оценки экономической эффективности инвестиционных проектов. Их содержание представлено в сравнительно новой российской методике [56].

В 1999 г. 26 июня Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике утверждена вторая, исправленная и дополненная редакция Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов № ВК 477 (далее по тексту будем именовать "Рекомендации") [56]. Этот вариант является логическим развитием прежних Рекомендаций, вступивших в действие в 1994 г. Вторая редакция Рекомендаций несколько лучше по содержанию, чем прежняя. Но вместе с тем в ней так же, как и в первой редакции, встречается ряд существенных методических недостатков и погрешностей в расчетах. В них остаются нерешенными до конца достаточное количество различных теоретических и методических вопросов. Все они или требуют своего уточнения, или глубокой дальнейшей разработки.

В работе [94] проанализированы наиболее существенные пробелы Рекомендаций. Среди таковых отметим наиболее значимые.

Во-первых, необоснованно "рекомендован двухэтапный порядок расчетов, в соответствии с которым на первом этапе разработки проекта его эффективность оценивается в целом, без учета схемы финансирования" [56], поскольку благодаря выбору источников финансирования уже на первом этапе можно принять окончательное инвестиционное решение о потенциальной эффективности рассматриваемого проекта. Особо отметим, что в Рекомендациях [56] не предусматривается отбор на начальном этапе заведомо неэффективных вариантов инвестиционных проектов с помощью какой-либо современной методики, которые известны на сегодняшний день (например, с использованием "квантово-экономического анализа" [94]).

Во-вторых, для обоснования эффективности инвестиционных проектов в Рекомендациях предлагается использовать [56]:

- чистый доход (Net Value – NV);
- чистый дисконтированный доход (Net Present Value – NPV);
- внутреннюю норму доходности (Internal Rate of Return – IRR);
- индексы доходности затрат и инвестиций;
- дисконтированный срок окупаемости (Payback Period – PP).

Все вышеперечисленные критерии имеют свои достоинства, недостатки и сферы целесообразного применения. Отметим также, что принятая в Рекомендациях логика образования наименований критериев (показателей), используемых для оценки эффективности инвестиций, не соответствует сформировавшимся представлениям в отечественной экономической школе. В силу различной природы указанные критерии при анализе альтернативных инвестиционных проектов могут противоречить друг другу (например, по инвестиционному проекту могут иметь место несколько различных значений критерия IRR, у каждого из которых $NPV = 0$). Возникающие противоречия обусловлены разной природой перечисленных выше критериев: одни из них позволяют получать абсолютные оценки результатов расчетов, а другие – относительные. Однако, анализ причин возникновения противоречий в [56] и состав рекомендуемых способов их преодоления не приводятся. Для преодоления недостатков эти методы необходимо использовать комплексно, на основе многоцелевого подхода к решению задачи выбора наилучшего проекта из альтернативных проектов. Методические рекомендации предлагают во всех спорных случаях использовать критерий NPV (хотя обоснования этой рекомендации отсутствуют).

В-третьих, в Рекомендациях отсутствуют какие-либо методические предложения и по целесообразному использованию многоцелевого подхода к обоснованию выбора из комплекса альтернативных проектов экономически наиболее целесообразного проекта. Многоцелевой подход к решению задач подобного рода представляется научно обоснованным, так как он позволяет выбрать оптимальное решение в случае, когда получаются с помощью различных методов оценки эффективности инвестиционных проектов и при использовании в расчетах одних и тех же исходных данных неодинаковые результаты расчетов (часто взаимоисключающие).

Практические примеры реализации многоцелевого (многокритериального) подхода к оценке выбора из альтернативных проектов экономически наиболее целесообразного проекта изложены в [93, 98].

Таким образом, действующее в настоящее время в России Рекомендации, регламентирующие основные процедуры оценки эффективности инвестиционных проектов, нуждаются в серьезной переработке.

Рассмотрим основные показатели экономической эффективности инвестиционного проекта.

Метод чистой приведенной стоимости (ЧПС). Метод расчета чистой текущей (приведенной) стоимости (Net Present Value – NPV) именуется в отечественных литературных источниках по-разному. В частности, он фигурирует в следующих вариациях (кроме чистой приведенной стоимости): чистая текущая стоимость, дисконтированный денежный доход, чистая настоящая стоимость, чистый приведенный эффект, чистый дисконтированный доход, дисконтированная прибыль, действительная стоимость, остаточная стоимость, интегральный эффект, чистая современная стоимость.

Основная идея, реализованная в методе ЧПС, заключается в том, чтобы найти соотношение между инвестиционными затратами (капитальными вложениями – оттоками) и будущими доходами (положительными денежными потоками – притоками). Это соотношение выражено в скорректированной во времени (как правило, к началу реализации проекта) денежной величине. Корректировка с помощью ставки дисконтирования необходима для того, чтобы учесть не только изменение стоимости денег во времени, но и фактор риска.

Правилом для принятия решения с использованием критерия ЧПС является положительная величина показателя, это означает, что в течение всего жизненного цикла проекта будут возмещены (превышены) первоначальные затраты (капитальные).

Важным моментом при осуществлении расчетов является обоснование выбора уровня процентной ставки, по которой производится дисконтирование и учет в ней уровня риска по проекту.

Формула для определения показателя ЧПС представлена следующим образом:

$$\text{ЧПС} = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{(1+r)^i} - K; \quad (1.1)$$

$$D_i = P_i - Z_i, \quad (1.2)$$

где i – номер частного периода в расчетном периоде времени n ($i = 1, 2, 3, \dots, n$); n – жизненный цикл (период существования) бизнес-проекта (например, в годах); D_i – денежный поток (отток) денежных средств или доход; r – норма (ставка) дисконта (она считается обычно постоянной по годам финансирования бизнес-проекта); K – сумма первоначальных инвестиций (капитальных вложений) в осуществление бизнес-проекта; P_i – экономический результат от реализации бизнес-проекта в i -м периоде (году); Z_i – затраты, связанные с реализацией бизнес-проекта в i -м периоде (году).

Достоинства и недостатки использования показателя чистой приведенной стоимости приведены в табл. 1.1 [94].

1.1. Достоинства и недостатки критерия ЧПС

Достоинства	Недостатки
1. Сравнительная простота расчетов	1. Достаточно большая по объему величина ЧПС не всегда соответствует экономически целесообразному варианту капиталовложений
2. Непротиворечивый характер критерия, позволяющий осуществлять достоверное ранжирование проектов в порядке убывания (возрастания) экономического эффекта	2. Сильная зависимость результатов расчетов от выбранной ставки дисконта; при достаточно высоком уровне дисконтной ставки (цены капитала) отдельные денежные потоки оказывают сравнительно малое влияние на объем ЧПС
3. Наилучшим образом характеризует уровень отдачи на вложенный капитал	3. Критерий мало пригоден для сравнения инвестиционных проектов с примерно одинаковыми объемами ЧПС, но со значительно разными капиталовложениями
4. Аддитивность (возможность суммирования ЧПС по различным проектам)	4. Не учитывается неточность используемых в расчетах исходных данных
	5. Не пригоден для сравнения проектов с одинаковой величиной ЧПС, но с существенно разной капиталоемкостью
	6. Не способен характеризовать резерв безопасности инвестиционного проекта

Метод определения индекса рентабельности (прибыльности) инвестиций. Метод расчета индекса рентабельности (Profitability Index, RI) в литературных источниках представлен такими разными названиями, как индекс прибыльности, индекс доходности, индекс успеха, индекс доходности на вложенный капитал, коэффициент чистого дисконтированного дохода, доход на единицу затрат и др.

Данный метод является известным развитием метода расчета ЧПС. Однако в отличие от показателя ЧПС, который выступает в качестве абсолютной величины, индекс рентабельности (ИР) инвестиций рассчитывается как относительная величина. Он отражает известным образом эффективность использования привлеченных капитальных вложений. Инвестиционные проекты с относительно большим значением индекса рентабельности являются и более надежными. Вместе с тем очень высокие значения индекса рентабельности не всегда соответствуют большому числовому значению чистой приведенной стоимости (ЧПС). Достаточно часто инвестиционные проекты, имеющие большие значения ЧПС, характеризуются небольшим по величине индексом рентабельности.

Если инвестиции осуществляются одновременно, то ИР инвестиций рассчитывается по формуле:

$$\text{ИР} = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{(1+r)^n} : K = \frac{\sum_{i=1}^n D_i K_{\text{д}}^n}{K} = \frac{\text{ЧПС}}{K} + 1, \quad (1.3)$$

$$K_{\text{д}}^n = \frac{1}{(1+r)^n}, \quad (1.4)$$

где $K_{\text{д}}^n$ – коэффициент (показатель) дисконтирования; r – норма дисконта.

Если инвестиции (капитальные вложения) осуществляются в виде некоторого потока, то формула расчета ИР примет вид:

$$ИР = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{D_i}{(1+r)^n}}{\sum_{i=0}^n \frac{K_i}{(1+r)^n}}. \quad (1.5)$$

Правило для принятия решения по инвестиционному проекту с использованием критерия ИР следующее.

Если $ИР < 1$, то проект должен быть отвергнут в связи с тем, что он не принесет дополнительного дохода инвестору (или, что то же, ЧПС будет отрицательной).

Если $ИР = 1$, то это означает, что доходность инвестиций в бизнес-проект соответствует нормативу рентабельности (или ЧПС будет равна нулю).

Если $ИР > 1$, проект должен быть принят к реализации как экономически эффективный (или ЧПС будет больше нуля).

Если выбор должен быть сделан из двух проектов, то предпочтение отдается тому, у которого ИР имеет наибольшую величину.

Метод расчета внутренней нормы доходности. Метод внутренней нормы доходности (Internal Rate of Return, IRR) в литературных источниках фигурирует под разными названиями: "внутренняя норма рентабельности", "внутренняя норма прибыли", "внутренняя норма возврата инвестиций" "внутренняя норма окупаемости инвестиций", "собственная норма прибыли", "предельная капиталоотдача", "предельная эффективность капитальных вложений", "процентная норма прибыли", "дисконтированный поток реальных денег", "финансовая норма прибыли".

Внутренняя норма доходности (ВНД) является достаточно широко используемым показателем оценки экономической эффективности бизнес-проекта.

ВНД можно интерпретировать как предельный уровень доходности (окупаемости) инвестиций.

Проиллюстрируем наиболее существенные достоинства и недостатки применения метода расчета внутренней нормы доходности (табл. 1.2) [94].

Под **внутренней нормой доходности** (ВНД) понимают процентную ставку, при которой чистая приведенная стоимость бизнес-проекта равна нулю [94].

ВНД можно охарактеризовать и как дисконтную ставку, при которой ЧПС в процессе дисконтирования будет приведена к нулю.

1.2. Достоинства и недостатки метода расчета индекса рентабельности

Достоинства	Недостатки
1. Обеспечивает благоприятные возможности для формирования наиболее эффективного портфеля инвестиционных проектов	1. Не способен учесть фактор масштабности инвестиционных проектов
2. Наилучшим образом характеризует экономическую эффективность инвестиционных проектов (по сравнению с ЧПС)	2. Результаты расчетов по альтернативным инвестиционным проектам могут входить в противоречие с результатами расчетов по методу ЧПС
3. Позволяет сопоставить инвестиционные затраты с экономическим результатом (эффектом) от их использования	3. Не учитывается неточность используемых в расчетах исходных данных
	4. Достаточно большие значения индекса прибыльности не всегда соответствуют высокому значению ЧПС, и наоборот

На практике величина ВНД сравнивается с заданной нормой дисконта r . При этом, если $ВНД > r$, то бизнес-проект, признаваемый как эффективный, обеспечит получение положительной величины ЧПС.

Внутренняя норма доходности определяется путем решения следующего уравнения для случая единовременного (одно-разового) расходования капитальных вложений:

$$ЧПС = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{(1+ВНД)^n} - K = 0, \quad (1.6)$$

где ВНД – искомая ставка внутренней нормы доходности.

В случае разновременного привлечения инвестиций формула расчета ВНД примет вид:

$$ЧПС = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{(1+ВНД)^n} - \sum_{i=0}^n \frac{K_i}{(1+ВНД)^n} = 0. \quad (1.7)$$

Приведем наиболее существенные недостатки и достоинства применения показателя внутренней нормы доходности (табл. 1.3) [94].

1.3. Достоинства и недостатки метода расчета ВНД

Достоинства	Недостатки
1. Гарантирует нижний уровень прибыльности инвестиционного проекта	1. Достаточная сложность при неиспользовании в расчетах компьютеров
2. Обеспечивает независимость результатов расчетов от абсолютных размеров инвестиций	2. Критерий мало пригоден для ранжирования инвестиционных проектов по уровню их прибыльности
3. Удачно подходит для сравнения инвестиционных проектов с различными уровнями риска (проекты с большим уровнем риска имеют и большую величину ВНД)	3. Отличается высокой чувствительностью зависимости результатов расчетов от точности оценки будущих денежных потоков
4. Отличается достаточной информативностью, объективностью расчетов, независимостью от абсолютного размера инвестиций	4. Появление дополнительных сложностей при выборе наиболее целесообразного варианта проекта, если критерий после соответствующих расчетов принимает несколько различных значений
5. Удобен для автоматизации расчетов с помощью электронных таблиц	5. Не пригоден для использования в том случае, когда денежные потоки являются неординарными (оттоки капитала чередуются с притоками)
6. Характеризует "резерв безопасности проекта" существенно больший, чем критерий ЧПС	6. Из-за нелинейного характера функции критерий ВНД не обладает свойством аддитивности
7. Отражает устойчивость компаний к неблагоприятным изменениям (те компании, которые имеют наибольшую величину IRR, являются более привлекательными для инвесторов)	7. Не всегда возможно однозначное выявление самого эффективного инвестиционного проекта
8. Предоставляет возможность правильно ранжировать инвестиционные проекты в порядке убывания их экономической эффективности	8. При завышенной величине ВНД часть эффективных проектов может быть проигнорирована
9. Наиболее приемлем для сравнительной оценки не только с альтернативными инвестиционными проектами, но и с депозитами, государственными ценными бумагами и т.п.	9. Ориентирован на ситуацию, когда реинвестирование промежуточных денежных потоков осуществляется по одинаковой внутренней ставке доходности, хотя в реальной жизни одна часть доходов может быть выплачена в виде дивидендов, другая инвестирована в данный проект, третья часть инвестирована хотя и не в высокодоходные, но надежные проекты
10. Отражает максимальную ставку платы за привлекаемые источники финансирования проекта, при которой последний остается безубыточным	10. Не учитывается в расчетах неточность используемых исходных данных
—	11. Не способен отразить абсолютную величину чистых экономических выгод

Метод определения дисконтированного срока окупаемости инвестиции в бизнес-проект. Срок (период) окупаемости (Payback Period, PP) определяется как ожидаемое количество лет, в течение которых должны быть возмещены первоначально произведенные инвестиции (капитальные вложения). Он был первым формализованным критерием, который использовался для оценки уровня эффективности альтернативных инвестиционных проектов. Иногда этот метод именуют методом ликвидности.

Дисконтированный срок окупаемости бизнес-проекта ($T_{ок}$) – это минимальный временной интервал от начала реализации бизнес-проекта до момента, за пределами которого интегральный экономический эффект (компоненты которого определены с учетом фактора времени) будет неотрицательным.

Дисконтированный срок окупаемости ($T_{ок}$) показывает, через какое время сумма дисконтированного дохода компенсирует все капитальные дисконтированные затраты. Он может быть определен по формуле:

$$T_{ок} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{K_i}{(1+r)^n}}{\sum_{i=0}^n \frac{Д_i}{(1+r)^n}}. \quad (1.8)$$

В систематизированном виде основные достоинства и недостатки применения критерия в виде дисконтированного срока окупаемости инвестиций (капитальных вложений) приведены в табл. 1.4 [94].

1.4. Достоинства и недостатки критерия, представленного дисконтированным сроком окупаемости инвестиций

Достоинства	Недостатки
1. Достаточная простота расчетов	1. Не учитывает денежные потоки, находящиеся за пределами срока окупаемости вложений
2. Удобен для использования в фирмах с небольшим денежным оборотом	2. Наличие субъективности при установлении нормативного (желаемого) срока окупаемости инвестиций, с которым впоследствии сравнивается расчетный срок окупаемости
3. Обеспечивает возможность получения достаточно быстрой оценки результатов расчетов в случае недостатка ресурсов	3. Не пригоден к применению для оценки проектов с одинаковыми сроками окупаемости, но с весьма различными жизненными циклами (периодами реализации)
4. Целесообразен для оценки проектов, касающихся тех продуктов, спрос на которые нестабилен	4. Наличие жесткой зависимости точности результатов расчетов от частоты разбиения жизненного цикла проектов на дифференцированные периоды их реализации (полугодия, кварталы)
5. Целесообразен для применения на небольших фирмах с маленькими объемами денежных оборотов	5. Возможность получения лишь весьма приближенной оценки уровня риска привлечения инвестиций
6. Пригоден для получения быстрой оценки проектов в условиях нехватки ресурсов	6. Ограничение ролью дополнительного метода оценки эффективности альтернативных проектов
–	7. Не учитывается неточность используемых в расчетах исходных данных
–	8. Нормативные значения срока окупаемости, которые сравниваются с расчетным дисконтированным сроком окупаемости, устанавливаются инвестором субъективно
–	9. Преимущество отдается проектам не с наибольшей величиной экономического эффекта, а с наиболее коротким сроком окупаемости
–	10. Мало пригоден для оценки проектов, связанных с производством принципиально новых изделий

–	11. Прямая зависимость точности результатов расчетов от частоты разбиения срока жизни проекта на плановые периоды
–	12. Отсутствие учета временной стоимости денег
–	13. Не обладает свойством аддитивности

В зарубежной практике инвестиционного проектирования дисконтированный срок окупаемости используется преимущественно для проведения финансового анализа.

Метод определения рентабельности на основе простой нормы прибыли. В отечественной литературе этот критерий чаще всего именуется показателем расчетной рентабельности капитальных вложений. Основу метода определения простой нормы прибыли (Simple rate of return) составляет чистая совокупная прибыль, получаемая за весь период реализации бизнес-проекта, а также привлекаемый объем инвестиций (капитальных вложений).

Для расчетов используется формула:

$$P_p = \frac{\Pi_{\text{ч}}}{K}, \quad (1.9)$$

где P_p – расчетная рентабельность инвестиционного проекта; $\Pi_{\text{ч}}$ – объем чистой прибыли, получаемой за весь жизненный цикл проекта; K – объем привлекаемых инвестиций (капитальных вложений).

Если $P_p > P_n$ (P_n – нормативный уровень рентабельности), то инвестиционный проект признается экономически целесообразным для внедрения, в противном случае он должен быть отвергнут.

В систематизированном виде основные достоинства и недостатки применения критерия расчетного уровня рентабельности инвестиций (капитальных вложений) приведены в табл. 1.5.

1.5. Достоинства и недостатки критерия, представленного расчетным уровнем рентабельности инвестиций

Достоинства	Недостатки
1. Простота расчетов	1. Неточный характер оценки эффективности инвестиционных проектов, так как не учитывается такой конечный экономический результат, как амортизационные отчисления
2. Получение достоверной относительной оценки уровня прибыльности инвестиционных проектов	2. Не учитывается истинная (временная) ценность будущих денежных потоков (поступлений)
–	3. Не может быть рекомендован к применению в случае разновременных (неоднократных) инвестиций на протяжении цикла жизни инвестиционного проекта
–	4. Не учитывается неточность используемых в расчетах исходных данных
–	5. Не позволяет устанавливать различия между проектами, имеющими одинаковый среднегодовой объем прибыли, но получаемой в течение разного количества лет

Весьма похожим на предыдущий метод является метод определения учетной доходности бизнес-проекта (Accounting Rate of Return, ARR). Особенностью этого метода является то, что он основывается на использовании расчетов неденежного потока, а также чистой прибыли [7]. Этот метод также давно известен как один из возможных способов оценки эффективности бизнес-проектов. Он применим ко вполне определенным условиям инвестирования.

Метод расчета коэффициента эффективности инвестиций. Этот метод характеризуется двумя особенностями. Во-первых, он не предусматривает дисконтирование денежного потока, обусловленного показателем прибыли. Во-вторых, в расчетах участвует показатель чистой прибыли. Суть метода состоит в делении чистой среднегодовой прибыли на среднюю величину инвестиций, которая определяется путем деления исходной суммы капитальных вложений на два, если предполагается, что по истечении срока реализации анализируемого бизнес-проекта все капитальные затраты будут списаны. Если же

допускается наличие остаточной или ликвидационной стоимости, то ее величина должна быть соответствующим образом учтена в расчетах. Достаточно часто применяемой при расчете коэффициента эффективности инвестиций является формула:

$$K_{\text{эф}} = \frac{\Pi_{\text{ч}}}{0,5(K - Л_{\text{с}})}, \quad (1.10)$$

где $\Pi_{\text{ч}}$ – объем чистой прибыли, получаемой от реализации проекта; K – капитальные затраты; $Л_{\text{с}}$ – ликвидационная стоимость основных средств; 0,5 – коэффициент, с помощью которого величина чистой прибыли в расчетах учитывается как некая средняя величина.

Несмотря на детальную проработку на Западе проблем оценки эффективности инвестиционных решений (бизнес-проектов), ни один из рассмотренных выше методов не дает и не может дать точной оценки.

Результаты расчетов по любому отдельно примененному методу для оценки экономической эффективности инвестиционного бизнес-проекта способны отразить лишь одну его сторону. Это может быть: степень достижения определенного по величине экономического эффекта, не превышение установленного срока окупаемости инвестиций (дисконтированного или недисконтированного), соблюдение определенного уровня рентабельности и т.д. Между тем числовые значения возможных к использованию различных критериев целесообразного выбора у альтернативных проектов могут значительно различаться, а иногда и находиться в конфликте. В такой ситуации требуется **комплексная оценка эффективности** альтернативных бизнес-проектов, которая предполагает определение преимуществ того или иного проекта не по одному критерию, а одновременно, по ряду критериев. Получение такой комплексной оценки бизнес-проекта вполне возможно только на основе применения методологии многоцелевой оптимизации.

Рассмотренные выше количественные и лингвистические критерии оценки качества инвестиционного проекта обобщены в табл. 1.6.

1.6. Группы критериев для оценки качества инвестиционных проектов

Группы критериев	Основные критерии для оценки качества инвестиционных проектов
1. Соответствие целям, задачам и стратегии хозяйствующего субъекта	1. Совместимость проекта с экономической ориентацией предприятия. 2. Соответствие краткосрочным и долгосрочным целям деятельности предприятия. 3. Воздействие на предприятие
2. Коммерческий успех инвестиционного проекта	1. Соответствие потребностям рынка. 2. Оценка периода выпуска продукции. 3. Цена продукции. 4. Источники финансирования. 5. Вероятный объем продаж. 6. Соотношение с имеющимися технологиями и продуктами. 7. Взаимодействие с конкурентами. 8. Обеспечение каналами продвижения на рынок. 9. Вероятность коммерческого успеха
3. Финансовые критерии	1. Стоимость проекта. 2. Размер инвестиций. 3. Чистая текущая стоимость. 4. Рентабельность инвестиций. 5. Внутренняя норма доходности. 6. Срок окупаемости. 7. Срок реализации. 8. Дисконтированный срок окупаемости. 9. Бухгалтерская рентабельность инвестиций. 10. Необходимость привлечения заемного капитала. 11. Финансовая реализуемость проекта. 12. Возможность использования налогового законодательства (налоговых льгот)
4. Организационные критерии	1. Организационная структура и системы управления. 2. Состояние финансового управления. 3. Кадровый потенциал: навыки и ресурсы, межличностные отношения, наличие персонала соответствующей квалификации, качество руководящего персонала. 4. Управленческая культура. 5. Надежность системы управления
5. Производственные критерии	1. Возможность обеспечения производственными мощностями. 2. Возможность обеспечения производственными пло-

	шадями. 3. Наличие производственного персонала соответствующей квалификации. 4. Использование материальных ресурсов, доступность сырья, материалов. 5. Целенаправленность распределенных ресурсов. 6. Состояние производства. 7. Культура производства
6. Информационные критерии	1. Качество предоставляемой информации: значимость, полнота, достоверность, своевременность, понятность, релевантность, сопоставимость, эффективность данных. 2. Соответствие информативных показателей, необходимых для осуществления анализа инвестиционных проектов. 3. Качество используемых систем и методов анализа
7. Реализуемость проекта с учетом различных видов рисков	1. Научно-технический риск. 2. Финансовый риск. 3. Производственный риск. 4. Коммерческий риск. 5. Рыночный "систематический" риск. 6. Предпринимательский риск 7. Процентный риск. 8. Риск проекта и его соотношение с риском реализации всего портфеля

В последнее время наблюдается повышенный интерес со стороны инвестиционных менеджеров, плановиков, экономистов, финансистов, математиков, предпринимателей, коммерсантов и оценщиков бизнеса к проблеме практического использования при решении задач в сфере управления производством, финансами, инвестициями методов многокритериальной (векторной) оптимизации. Стимулирование развития и расширение масштабов использования методов векторной оптимизации было обусловлено требованием практической реализации системного подхода к решению задач в системе инвестиционного планирования, а также необходимостью значительного повышения в итоге экономической эффективности производства и сбыта продукции и усилением конкурентных позиций предприятия на целевом рынке.

Экономическая целесообразность перехода от одноцелевого подхода к многоцелевому подходу обусловлена тем обстоятельством, что получаемые во втором случае результаты внедрения решений инвестиционных задач в практическую деятельность предприятий являются экономически более предпочтительными.

Многоцелевой подход к решению инвестиционных, коммерческих, экономических, финансовых, плановых и управленческих задач отличается не только количественно вследствие применения большего числа критериев, но и качественно. Это может быть подтверждено следующими аргументами.

Различие проявляется в методологии получения оптимального решения задачи. Так, в большинстве случаев под результатом решения многоцелевой задачи понимается не какой-то определенный план, а целая совокупность планов. Такая ситуация принципиально отличается от случая неединственности оптимального плана, полученного по одноцелевой модели задачи, так как в последнем случае под результатом (решением) понимаются любые оптимальные (эффективные) планы, эквивалентные между собой по данному единственному критерию. В многоцелевой постановке задачи эквивалентность по всем включенным в модель критериям может иметь место лишь в вырожденном случае.

Многоцелевой подход к решению оптимизационных задач трактуется как двухэтапный процесс [95]. На первом этапе строится многоцелевая экономико-математическая модель задачи, а на втором разрабатывается (или выбирается из уже известных) метод ее реализации.

При принятии решения по инвестиционному проекту инвесторы, как правило, производят оценку экономической эффективности проекта по ряду показателей, значения которых позволяют судить о его прибыльности или, напротив, убыточности. Однако, зачастую, только экономической оценки эффективности не достаточно для получения достоверных сведений о том, насколько принимаемый проект будет соответствовать ожидаемым потребностям инвестора и других субъектов инвестирования, а также какой эффект реализуемый проект будет иметь на социально-экономическую и экологическую среду региона и на само предприятие.

Для данного случая считаем целесообразным ввести понятие "качество инвестиционного проекта", под которым будем понимать соответствие параметров проекта требованиям: экономической и технологической эффективности, экологической безопасности.

Анализ существующих методов оценки качества инвестиционных проектов промышленных производств выявил ряд нерешенных проблем, а именно, отсутствие комплексного подхода к решению данных задач, а также недостаточную степень разработки методов формализации при учете различных качественных и количественных параметров оценки.

В связи с этим возникает необходимость разработки комплексного подхода к оценке качества инвестиционных проектов при размещении технических систем, позволяющего рассмотреть каждый вариант с экономических, технологических и экологических позиций, учитывающего комплексную оценку альтернатив при принятии решений, возможность использования при получении целевой продукции и обезвреживании отходов различных технологий и видов оборудования, особенности территории их размещения и реализации продукции.

2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО КАЧЕСТВУ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

При изучении инвестиционных процессов нами был сделан вывод о том, что всю совокупность задач, решаемых на разных этапах принятия проектных и управленческих решений, нужно рассматривать с позиций теории сложных систем [59, 96]. Такие системы состоят из отдельных подсистем, каждая из которых решает свою собственную задачу управления. При выборе любого закона управления решаются три основные задачи: получение информации об управляемом объекте, преобразование ее с целью синтеза закона управления и выдача ее на объект, при этом каждая из подсистем обладает правом принятия решения. Отметим, что разбиение сложной системы принятия решения на подсистемы обуславливается большой размерностью таких систем и вытекающими из этого трудностями, связанными со сбором и обработкой информации об их состоянии при выборе управляющих воздействий. Структура взаимодействия подсистем, входящих в состав сложной системы, может быть различной, но в большинстве случаев она является иерархической. Необходимость построения системы управления сложным объектом по иерархическому принципу требует всегда проведения дополнительных исследований, так как для некоторых систем она нецелесообразна, а для других без введения такой структуры система управления не может функционировать. Систему принятия управленческих решений по инвестиционному проекту следует отнести к иерархическим системам, так как для нее можно выделить следующие характерные черты таких систем:

- наличие приоритета в принятии решения между подсистемами, входящими в состав сложной системы;
- расположение подсистем с явно выраженными локальными свойствами по уровням иерархии в соответствии с приоритетом принимаемых ими решений, причем подсистемы одного уровня по отношению друг к другу обладают одинаковым приоритетом в выборе решений;
- решение каждой из подсистем, кроме подсистем первого уровня, двух задач по своим локальным критериям оптимальности: задачи самоуправления и задачи координации подчиненными ей подсистемами нижнего уровня;
- осуществление связи подсистем нижнего уровня с подсистемами верхних по отношению к ним уровней путем передачи предварительно обобщенной информации;
- осуществление связи подсистем верхних уровней с подчиненными им подсистемами нижнего уровня через управляющие воздействия, выдаваемые подсистемами верхних уровней;
- осуществление связи между подсистемами одного уровня как непосредственно через выходные переменные, описывающие их состояние, так и через управляющие воздействия, вырабатываемые при решении задачи координации в подсистеме верхнего уровня;
- формирование параметров задач координации при решении задач самоуправления в каждой из подсистем;
- действие на каждую подсистему как локальных внешних возмущений, так и внутренних, связанных с изменением обобщенной информации нижних уровней.

Для систем с централизованным управлением существует единый критерий оптимальности для всей системы в целом, а для иерархических систем каждая из подсистем, входящих в ее состав, имеет свои критерии оптимальности. В этом случае, даже если вся иерархическая система в целом функционирует для достижения какой-либо одной цели, отдельные подсистемы могут не достигать оптимальных значений своих локальных критериев. Это означает, что локальные цели подсистем вовсе не обязательно должны быть согласованы с целью всей системы. Как отмечалось в [13, 17, 59], такие системы являются сугубо многокритериальными, и в отличие от систем с централизованным управлением, где можно четко определить, что понимается под оптимальным их поведением, для иерархических систем понятие оптимального поведения требует дополнительного уточнения, связанного с доопределением принципов взаимодействия подсистем. Второе отличие состоит в том, что для централизованных систем управление выбирается для всей системы одновременно (на одном и том же промежутке времени), а для иерархических систем выбор управляющих воздействий в подсистемах осуществляется последовательно (каждая подсистема обладает правом автономного функционирования). Эти особенности иерархических систем порождают трудности, связанные со сложностью анализа поведения и управления такими системами, что требует совершенно новых разработок.

Иерархическая структура нашла применение при построении систем принятия управленческих решений по инвестиционному проекту, хотя она и вносит существенные трудности в методологию их исследования.

Во-первых, достаточно сложные системы, состоящие из объектов различной природы, большой размерности, различной инерционности, не смогут функционировать без разделения функций принятия решений, т.е. без введения иерархической структуры. Размерность системы в целом при централизованном управлении будет такова, что даже вычислительная схема декомпозиции при выборе управления может оказаться неприемлемой.

Во-вторых, в иерархических системах действие внешних возмущений на отдельные подсистемы устраняется самостоятельно и может не затрагивать другие подсистемы. Это увеличивает адаптацию системы и позволяет сократить затраты времени средств на принятие управленческих решений.

В-третьих, иерархическая структура управления допускает описание подсистем с учетом различных аспектов: физических, химических, экономических и т.п., т.е. допускает их описание на различных уровнях абстракции [13, 59]. Централизованная система требует, чтобы все подсистемы, входящие в ее состав, описывались на одном языке, т.е. с учетом одних и тех же аспектов.

Рассмотрим n -уровневую иерархическую систему принятия управленческих решений с заданной структурой, которая с точки зрения теории графов может быть представлена деревом с корнем [96]. Поставим в соответствие корню дерева подсистему n -го уровня, вершинам дерева, отстоящим от корня дерева на одно ребро, – подсистемы $(n - 1)$ -го уровня; на два

ребра – подсистемы $(n - 2)$ -го уровня и т.д. Таким образом, подсистемы i -го уровня будут отстоять от подсистемы n -го уровня на $(n - i)$ ребер. При этом каждая подсистема иерархической системы решает две задачи: задачу самоуправления; задачу управления подчиненными подсистемами нижнего уровня, т.е. задачу координации. Связь между подсистемами различных уровней может осуществляться через информационные потоки.

В качестве примера построения таких систем принятия решений, обеспечивающих выбор оптимального варианта инвестиционного проекта, рассмотрим систему для решения задачи выбора оптимального варианта инвестиционного проекта при размещении производственных технических систем (ПТС).

2.1. Применение теории сложных систем при решении задачи оценки качества инвестиционного проекта

В связи с возросшими требованиями по сохранению окружающей среды при размещении проектируемых ПТС наряду с экономической целесообразностью во главу угла ставится их экологическая безопасность. Исходя из необходимости применения иерархической системы принятия решения при выборе оптимального инвестиционного проекта, а также учитывая традиции выполнения работ по инвестиционному проектированию, задачу разработки инвестиционного проекта по размещению ПТС можно представить в виде целостной системы. Формирование этой системы должно вестись в соответствии с принципами теории систем [59].

В соответствии с этой теорией на рис. 2.1 представлена схема оценки качества инвестиционного проекта промышленно-производства и определено место отдельных подзадач.

Среди них выделим следующие подзадачи:

- оценки технологических процессов производства целевой продукции;
- оценки производств по обезвреживанию отходов;
- оценки инвестиционной целесообразности реализации проекта.

Комплекс задач по оценке качества инвестиционного проекта образует многоуровневую структуру, состоящую из последовательности подсистем, объединенных информационными потоками. Результатом решения всего комплекса задач является бизнес-план инвестиционного проекта для проектируемых производств. При этом должны быть выполнены все требования экологической безопасности территориального района их размещения, а также обеспечена эффективность участия в проекте всех субъектов инвестирования.

Обозначим общую задачу оценки качества инвестиционного проекта промышленного производства через Z_n . Эта задача включает в себя множество особенно значимых локальных задач: расчет затрат на реализацию технологических процессов получения целевой продукции и обезвреживания отходов, расчет показателей производства получения целевой продукции и производств по обезвреживанию отходов; расчет экономических критериев эффективности инвестиционного проекта (чистой приведенной стоимости, индекса рентабельности, дисконтированного срока окупаемости). Комплексное решение этих задач, направленное на получение решения задачи Z_n , требует создания сложной иерархической системы оценки качества инвестиционного проекта, в которую, кроме перечисленных задач, входят задачи межуровневой координации и задачи, обеспечивающие получение решения в приемлемые сроки (см. рис. 2.1).

Пусть X – множество технологических и экономических характеристик размещаемых производств; R – множество вариантов технологических процессов получения целевой продукции и обезвреживания отходов; V – множество технико-экономических и экологических оценок размещаемых производств.

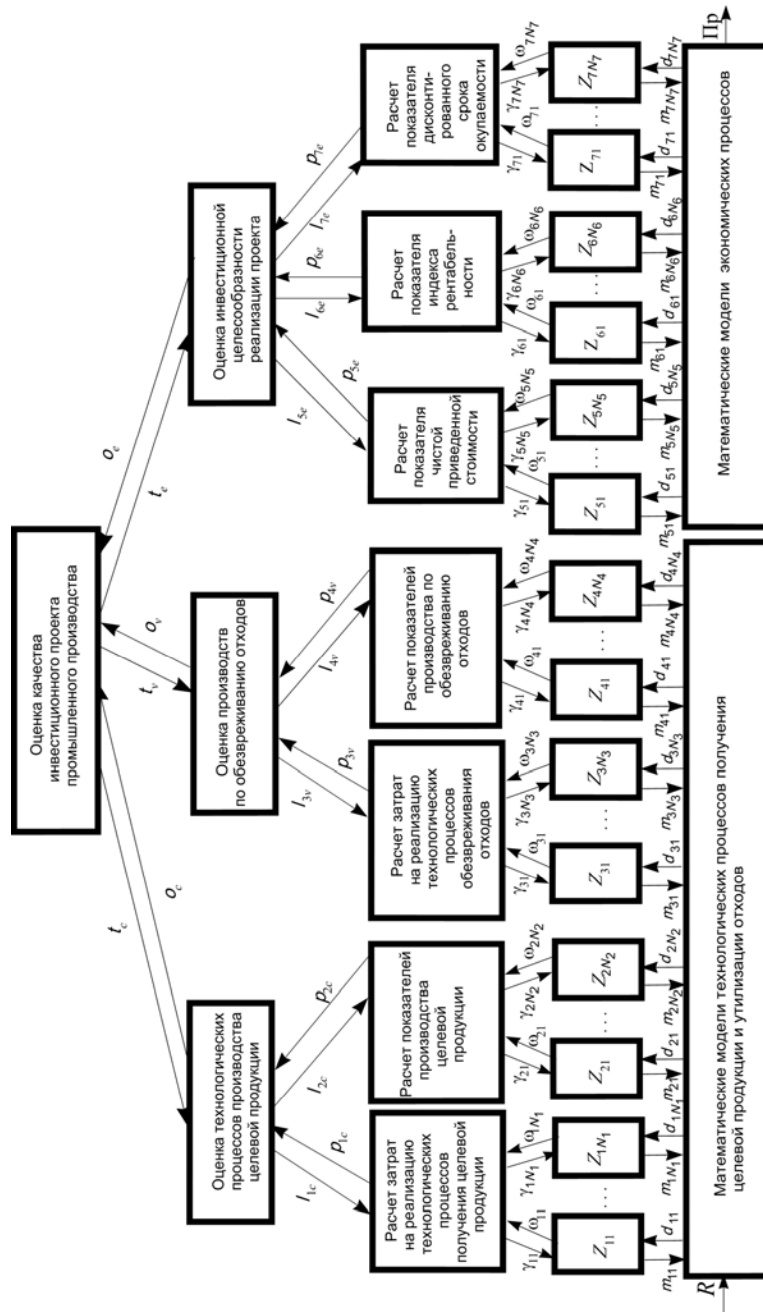


Рис. 2.1. Иерархическая структура решения задач оценки качества инвестиционного проекта

Введем функцию F эффективности выбора оптимального варианта инвестиционного проекта с учетом его физической реализуемости как отображение декартова произведения $X \times R$ в множество оценок, т.е. $F: X \times R \rightarrow V$ и функцию $Q: R \rightarrow V$. Тогда задачу Z_n можно представить как задачу выбора такого элемента $x^* \in X' \subset X$, при котором

$$F(x^*, r) \cup Q(r) \tag{2.1}$$

при любом $r \in R$. Таким образом, x^* является решением задачи Z_n , если при $r \in R$ оценка эффективности $F(x^*, r)$ находится в отношении \cup к предельной для этого r величине $Q(r)$. В соотношении (2.1) X' – множество допустимых вариантов проектных решений.

Задача Z_n характеризуется набором (X', R, F, Q) , элемент x из X' , удовлетворяющий (2.1), является решением задачи Z_n , что будем характеризовать предикатом $P(x^*, Z_n)$:

$$P(x^*, Z_n) \equiv (x^* \text{ есть решение } Z_n). \tag{2.2}$$

Аналогично обозначим задачи оценки технологических процессов производства целевой продукции через Z_c , оценки производств по обезвреживанию отходов через Z_v и оценки инвестиционной целесообразности реализации проекта через Z_e . Будем характеризовать задачи Z_c , Z_v и Z_e наборами (X_c, R_c, F_c, Q_c) , (X_v, R_v, F_v, Q_v) и (X_e, R_e, F_e, Q_e) . В практически важных случаях можно считать $X' = X_g \times X_v \times X_e$, $R = R_g \times R_v \times R_e$ и рассматривать задачу Z_c как сужение задачи Z_n на множестве X_c , Z_v как сужение Z_n на множестве X_v и Z_e как сужение задачи Z_n на множестве X_e , при этом

$x^* = (x_c, x_v, x_e)$. Аналогично можно охарактеризовать задачи расчета затрат на реализацию технологических процессов получения целевой продукции Z_{1c} и расчета показателей производства получения целевой продукции Z_{2c} , расчета затрат на реализацию технологических процессов обезвреживания отходов Z_{3v} , расчета показателей производства по обезвреживанию отходов Z_{4v} , расчета чистой приведенной стоимости проекта Z_{5e} , расчета индекса рентабельности проекта Z_{6e} , расчета дисконтированного срока окупаемости проекта Z_{7e} . Задачи Z_{ij} оценок отдельных показателей технологических процессов производства целевой продукции ($i \in \{1, 2\}, j \in N_1 \cup N_2$), так же как задачи Z_{ij} оценок отдельных показателей производств по обезвреживанию отходов ($i \in \{3, 4\}, j \in N_3 \cup N_4$) и задачи Z_{ij} оценок отдельных показателей инвестиционной целесообразности реализации проекта ($i \in \{5, 6, 7\}, j \in N_5 \cup N_6 \cup N_7$), могут быть сформулированы в виде (2.1) и охарактеризованы наборами $(X_{ij}, R_{ij}, F_{ij}, Q_{ij})$. Для них, как и для задач Z_c, Z_v и Z_e , имеет место условие (2.2). Общее число задач Z_{ij} равно $N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 \cup N_6 \cup N_7$.

Обозначим вектором $S_{1c} = (x_{11}, \dots, x_{1N_1})$ совокупность решений задач $Z_{1j}, j = \overline{1, N_1}$, а вектором $S_{2c} = (x_{21}, \dots, x_{2N_2})$ совокупность решений задач $Z_{2j}, j = \overline{1, N_2}$. Очевидно, при определении S_{1c}, S_{2c} будут определены $x_{1c} \in X_{1c}, x_{2c} \in X_{2c}$ и этот факт будем характеризовать операторами Θ_{1c} и Θ_{2c} соответственно:

$$x_{1c} = \Theta_{1c}(S_{1c}); \quad (2.3)$$

$$x_{2c} = \Theta_{2c}(S_{2c}). \quad (2.4)$$

Аналогичные рассуждения будут иметь место и при определении локальных подзадач в задачах оценки производств по обезвреживанию отходов и оценки инвестиционной целесообразности реализации проекта.

Используя введенные обозначения, формализуем основные принципы автоматизированного решения задач оценки качества инвестиционного проекта.

Комплексное решение задачи оценки качества инвестиционного проекта ПТС на расширенном пространстве переменных состояния экономической системы региона. Другими словами – при решении задач Z_c, Z_v и Z_e должен формироваться вектор S_n , который порождает бы решение задачи Z_n . В свою очередь, при решении задач нижестоящего уровня, например задач $Z_{1j}, j = \overline{1, N_1}$, должен формироваться вектор S_{1c} , который порождает бы решение задачи Z_{1c} . В формализованном виде это можно записать так:

$$\exists (Z_{1j}, x_{1j}, j = \overline{1, N_1}) : P(x_{1j}, Z_{1j}) \Rightarrow P(x_{1c}, Z_{1c}) \left| \begin{array}{l} x_{1c} = \Theta_{1c}(S_{1c}) \\ S_{1c} = (x_{11}, \dots, x_{1, N_1}). \end{array} \right. \quad (2.5)$$

Более частым является достижение экстремума некоторой целевой функции F_{1c} , определенной на множестве $H_{1c} = \{x_{1c} | P(x_{1c}, Z_{1c})\}$ решений задачи Z_{1c} . В этом случае вместо (2.5) имеем:

$$\begin{aligned} \exists (Z_{1j}, x_{1j}, j = \overline{1, N_1}) : P(x_{1j}, Z_{1j}) \Rightarrow \\ \Rightarrow \exists (S_{1c}^* = (x_{11}^*, \dots, x_{1, N_1}^*), x_{1j}^* = \{x_{1j}^*\}, j = \overline{1, N_1}) : \\ : F_{1c}(\Theta_{1c}(S_{1c}^*)) = \text{extr}_{x \in H_{1c}} F_{1c}(x_{1c}). \end{aligned} \quad (2.6)$$

Условия, аналогичные (2.5) и (2.6), имеют место и в задачах $Z_{2c}, Z_{3v}, Z_{4v}, Z_{5e}, Z_{6e}, Z_{7e}$ и более высокого уровня.

Решение задачи оценки качества инвестиционного проекта должно вестись в соответствии с принципами общей теории систем, т.е. система автоматизированного расчета показателей качества должна удовлетворять принципам иерархичности структуры, координации локальных задач относительно задач вышестоящего уровня, совместимости и модифицируемости. Рассмотрим эти принципы.

Иерархичность структуры. В терминах теории систем систему Θ автоматизированного решения комплекса задач по оценке качества инвестиционного проекта (см. рис. 2.1) можно представить как отношение на декартовом произведении множеств:

$$\Theta \subset R \times M_{1c} \times M_{2c} \times M_{3v} \times M_{4v} \times M_{5e} \times M_{6e} \times M_{7e} \times$$

$$\begin{aligned}
& \times D_{1c} \times D_{2c} \times D_{3v} \times D_{4v} \times D_{5e} \times D_{6e} \times D_{7e} \times \\
& \times W_{1c} \times W_{2c} \times W_{3v} \times W_{4v} \times W_{5e} \times W_{6e} \times W_{7e} \times \\
& \times \Gamma_{1c} \times \Gamma_{2c} \times \Gamma_{3v} \times \Gamma_{4v} \times \Gamma_{5e} \times \Gamma_{6e} \times \Gamma_{7e} \times \\
& \times L_{1c} \times L_{2c} \times L_{3v} \times L_{4v} \times L_{5e} \times L_{6e} \times L_{7e} \times \\
& \times P_{1c} \times P_{2c} \times P_{3v} \times P_{4v} \times P_{5e} \times P_{6e} \times P_{7e} \times T_c \times T_v \times T_e \times \\
& \times O_c \times O_v \times O_e \times \{\times Z_{1j} \mid j \in N_1\} \times \{\times Z_{2j} \mid j \in N_2\} \times \\
& \times \{\times Z_{3j} \mid j \in N_3\} \times \{\times Z_{4j} \mid j \in N_4\} \times \{\times Z_{5j} \mid j \in N_5\} \times \\
& \times \{Z_{1c}\} \times \{Z_{2c}\} \times \{Z_{3v}\} \times \{Z_{4v}\} \times \{Z_{5e}\} \times \{Z_{6e}\} \times \{Z_{7e}\} \times \\
& \quad \times \{Z_c\} \times \{Z_v\} \times \{Z_e\} \times \{Z_n\} \times \{\times \Theta'_{1j} \mid j \in N_1\} \times \{\times \Theta'_{2j} \mid j \in N_2\} \times \\
& \quad \times \{\times \Theta'_{3j} \mid j \in N_3\} \times \{\times \Theta'_{4j} \mid j \in N_4\} \times \{\times \Theta'_{5j} \mid j \in N_5\} \times \{\times \Theta''_{1j} \mid j \in N_1\} \times \\
& \quad \times \{\times \Theta''_{2j} \mid j \in N_2\} \times \{\times \Theta''_{3j} \mid j \in N_3\} \times \{\times \Theta''_{4j} \mid j \in N_4\} \times \{\times \Theta''_{5j} \mid j \in N_5\} \times \\
& \quad \times \{\Theta_{1c}\} \times \{\Theta_{2c}\} \times \{\Theta_{3v}\} \times \{\Theta_{4v}\} \times \{\Theta_{5e}\} \times \{\Theta_{6e}\} \times \{\Theta_{7e}\} \times \\
& \quad \times \{\Theta_g\} \times \{\Theta_v\} \times \{\Theta_e\} \times \{\text{ПП}\} \times \{\text{Пр}\}, \tag{2.7}
\end{aligned}$$

где $\{\text{Пр}\}$ – множество решений задачи оценки качества инвестиционного проекта; $M_{1c}, M_{2c}, M_{3v}, M_{4v}, M_{5e}, M_{6e}, M_{7e}$ – множества управляющих сигналов для процесса инвестиционного проектирования в задачах оценки качества инвестиционного проекта нижнего уровня, например, объемы промышленного производства, расходы входных потоков веществ, подлежащих обезвреживанию, уровень процентных ставок по кредитам, степень привлекательности внешних рынков перед внут-ренними и другие; $D_{1c}, D_{2c}, D_{3v}, D_{4v}, D_{5e}, D_{6e}, D_{7e}, W_{1c}, W_{2c}, W_{3v},$

$W_{4v}, W_{5e}, W_{6e}, W_{7e}, P_{1c}, P_{2c}, P_{3v}, P_{4v}, P_{5e}, P_{6e}, P_{7e}, O_c, O_v, O_e$ – множества информационных сигналов о решении локальных задач, например, технологические процессы получения целевой продукции, газоочистки и очистки сточных вод; типы, размеры аппаратов и сооружений; величины критериев локальных задач оптимизации, вариант схемы финансирования, вариант источника финансирования, выбор приоритетных рынков сбыта и другие; $\Gamma_{1c}, \Gamma_{2c}, \Gamma_{3v}, \Gamma_{4v}, \Gamma_{5e}, \Gamma_{6e}, \Gamma_{7e}, L_{1c},$

$L_{2c}, L_{3v}, L_{4v}, L_{5e}, L_{6e}, L_{7e}, T_c, T_v, T_e$ – множества координирующих сигналов для локальных задач нижестоящих уровней, например, фоновые концентрации вредных ингредиентов в атмосфере и поверхностных водоемах района размещения ПТС; категория использования и самоочищающая способность водных объектов; структура связей между аппаратами и сооружениями, политическая и экономическая ситуация в стране (регионе), экономические и инвестиционные приоритеты правительства страны (администрации региона) и другие.

$$\begin{aligned}
M_{1c} &= \{\times M_{1j} \mid M_{1j} = \{m_{1j}\}, j \in N_1\}; M_{2c} = \{\times M_{2j} \mid M_{2j} = \{m_{2j}\}, j \in N_2\}; \\
M_{3v} &= \{\times M_{3j} \mid M_{3j} = \{m_{3j}\}, j \in N_3\}; M_{4v} = \{\times M_{4j} \mid M_{4j} = \{m_{4j}\}, j \in N_4\}; \\
M_{5e} &= \{\times M_{5j} \mid M_{5j} = \{m_{5j}\}, j \in N_5\}; M_{6e} = \{\times M_{6j} \mid M_{6j} = \{m_{6j}\}, j \in N_6\}; \\
M_{7e} &= \{\times M_{7j} \mid M_{7j} = \{m_{7j}\}, j \in N_7\}; D_{1c} = \{\times D_{1j} \mid D_{1j} = \{d_{1j}\}, j \in N_1\}; \\
D_{2c} &= \{\times D_{2j} \mid D_{2j} = \{d_{2j}\}, j \in N_2\}; D_{3v} = \{\times D_{3j} \mid D_{3j} = \{d_{3j}\}, j \in N_3\}; \\
D_{4v} &= \{\times D_{4j} \mid D_{4j} = \{d_{4j}\}, j \in N_4\}; D_{5e} = \{\times D_{5j} \mid D_{5j} = \{d_{5j}\}, j \in N_5\}; \\
D_{6e} &= \{\times D_{6j} \mid D_{6j} = \{d_{6j}\}, j \in N_6\}; D_{7e} = \{\times D_{7j} \mid D_{7j} = \{d_{7j}\}, j \in N_7\}; \\
W_{1c} &= \{\times W_{1j} \mid W_{1j} = \{w_{1j}\}, j \in N_1\}; W_{2v} = \{\times W_{2j} \mid W_{2j} = \{w_{2j}\}, j \in N_2\}; \\
W_{3v} &= \{\times W_{3j} \mid W_{3j} = \{w_{3j}\}, j \in N_3\}; W_{4v} = \{\times W_{4j} \mid W_{4j} = \{w_{4j}\}, j \in N_4\}; \\
W_{5e} &= \{\times W_{5j} \mid W_{5j} = \{w_{5j}\}, j \in N_5\}; W_{6e} = \{\times W_{6j} \mid W_{6j} = \{w_{6j}\}, j \in N_6\}; \\
W_{7e} &= \{\times W_{7j} \mid W_{7j} = \{w_{7j}\}, j \in N_7\}; \Gamma_{1c} = \{\times \Gamma_{1j} \mid \Gamma_{1j} = \{\gamma_{1i}\}, j \in N_1\}; \\
\Gamma_{2c} &= \{\times \Gamma_{2j} \mid \Gamma_{2j} = \{\gamma_{2j}\}, j \in N_2\}; \Gamma_{3v} = \{\times \Gamma_{3j} \mid \Gamma_j = \{\gamma_{3j}\}, j \in N_3\}; \\
\Gamma_{4v} &= \{\times \Gamma_{4j} \mid \Gamma_{4j} = \{\gamma_{4j}\}, j \in N_4\}; \Gamma_{5e} = \{\times \Gamma_{5j} \mid \Gamma_j = \{\gamma_{5j}\}, j \in N_5\}; \\
\Gamma_{6e} &= \{\times \Gamma_{6j} \mid \Gamma_j = \{\gamma_{6j}\}, j \in N_6\}; \Gamma_{7e} = \{\times \Gamma_{7j} \mid \Gamma_j = \{\gamma_{7j}\}, j \in N_7\}; \\
P_{1c} &= \{p_{1c}\}; P_{2c} = \{p_{2c}\}; P_{3v} = \{p_{3v}\}; P_{4v} = \{p_{4v}\}; P_{5e} = \{p_{5e}\}; \\
P_{6e} &= \{p_{6e}\}; P_{7e} = \{p_{7e}\}; L_{1c} = \{l_{1c}\}; L_{2c} = \{l_{2c}\}; L_{3v} = \{l_{3v}\}; \\
L_{4v} &= \{l_{4v}\}; L_{5e} = \{l_{5e}\}; L_{6e} = \{l_{6e}\}; L_{7e} = \{l_{7e}\}; \\
T_c &= \{t_c\}; O_c = \{o_c\}; T_v = \{t_v\}; O_v = \{o_v\}; T_e = \{t_e\}; O_e = \{o_e\}.
\end{aligned}$$

Введем определения задач, решаемых в системе, следующим образом:

- для задач нижнего уровня

$$Z_{ij} : R \times \Gamma_{ij} \times D_{ij} \rightarrow M_{ij}, \quad i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}, \quad j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 \cup N_6 \cup N_7;$$

- для задачи расчета затрат на реализацию технологических процессов получения целевой продукции

$$Z_{1c} : R \times L_{1c} \times \{\times W_{1j} | j \in N_1\} \rightarrow \{\times \Gamma_{1j} | j \in N_1\};$$

- для задачи расчета показателей производства получения целевой продукции

$$Z_{2c} : R \times L_{2c} \times \{\times W_{2j} | j \in N_2\} \rightarrow \{\times \Gamma_{2j} | j \in N_2\};$$

- для задачи расчета затрат на реализацию технологических процессов обезвреживания отходов

$$Z_{3v} : R \times L_{3v} \times \{\times W_{3j} | j \in N_3\} \rightarrow \{\times \Gamma_{3j} | j \in N_3\};$$

- для задачи расчета показателей производства по обезвреживанию отходов

$$Z_{4v} : R \times L_{4v} \times \{\times W_{4j} | j \in N_4\} \rightarrow \{\times \Gamma_{4j} | j \in N_4\};$$

- для задачи расчета показателя чистой приведенной стоимости

$$Z_{5e} : R \times L_{5e} \times \{\times W_{5j} | j \in N_5\} \rightarrow \{\times \Gamma_{5j} | j \in N_5\};$$

- для задачи расчета показателя индекса рентабельности

$$Z_{6e} : R \times L_{6e} \times \{\times W_{6j} | j \in N_6\} \rightarrow \{\times \Gamma_{6j} | j \in N_6\};$$

- для задачи расчета показателя чистой приведенной стоимости

$$Z_{7e} : R \times L_{7e} \times \{\times W_{7j} | j \in N_7\} \rightarrow \{\times \Gamma_{7j} | j \in N_7\};$$

- для задачи оценки технологических процессов производства целевой продукции

$$Z_c : R \times P_{1c} \times P_{2c} \rightarrow L_{1c} \times L_{2c};$$

- для задачи оценки производств по обезвреживанию отходов

$$Z_v : R \times P_{3v} \times P_{4v} \rightarrow L_{3v} \times L_{4v};$$

- для задачи оценки инвестиционной целесообразности реализации проекта

$$Z_e : R \times P_{5e} \times P_{6e} \times P_{7e} \rightarrow L_{5e} \times L_{6e} \times L_{7e};$$

- для задачи верхнего уровня

$$Z_n : R \times O_c \times O_v \times O_e \rightarrow T_c \times T_v \times T_e.$$

Определим: $\{\Pi\Pi\}$ – множества операторов процесса инвестиционного проектирования (множества аналитических моделей нижнего уровня: процессов получения целевой продукции, очистки газовых, очистки сточных вод, экономических процессов региона),

$$\Pi\Pi : R \times M_{1c} \times M_{2c} \times M_{3v} \times M_{4v} \times M_{5e} \times M_{6e} \times M_{7e} \rightarrow \{\Pi\Pi\};$$

$$\Theta'_{ij} = \{\theta'_{ij}\}, \quad i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\},$$

$$j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 \cup N_6 \cup N_7 -$$

множества операторов формирования информационных сигналов от процесса проектирования к нижнему уровню иерархической системы для задач Z_{ij} ,

$$\Theta'_{ij} : R \times \{\times M_{1j} | j \in N_1\} \times \{\times M_{2j} | j \in N_2\} \times$$

$$\times \{\times M_{3j} | j \in N_3\} \times \{\times M_{4j} | j \in N_4\} \times$$

$$\times \{ \times M_{5j} | j \in N_5 \} \times \{ \times M_{6j} | j \in N_6 \} \times \{ \times M_{7j} | j \in N_7 \} \rightarrow D_{ij};$$

$$\Theta''_{ij} = \{ \theta''_{ij} \}, \quad i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\},$$

$$j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 \cup N_6 \cup N_7 -$$

множества операторов формирования информационных сигналов от второго уровня иерархии соответственно для задач Z_{ij} ,

$$\begin{aligned} \theta'_{ij} : R \times \{ \times D_{1j} | j \in N_1 \} \times \{ \times D_{2j} | j \in N_2 \} \times \{ \times D_{3j} | j \in N_3 \} \times \{ \times D_{4j} | j \in N_4 \} \times \\ \times \{ \times D_{5j} | j \in N_5 \} \times \{ \times D_{6j} | j \in N_6 \} \times \{ \times D_{7j} | j \in N_7 \} \times \\ \times \{ \times \Gamma_{1j} | j \in N_1 \} \times \{ \times \Gamma_{2j} | j \in N_2 \} \times \{ \times \Gamma_{3j} | j \in N_3 \} \times \{ \times \Gamma_{4j} | j \in N_4 \} \times \\ \times \{ \times \Gamma_{5j} | j \in N_5 \} \times \{ \times \Gamma_{6j} | j \in N_6 \} \times \{ \times \Gamma_{7j} | j \in N_7 \} \rightarrow W_{ij}. \end{aligned}$$

Аналогичным образом определяются множества операторов формирования информационных сигналов для подсистем вышестоящих уровней.

Координируемость. В соответствии с принципами теории систем, задачи нижестоящего уровня должны быть скоординированы относительно задач вышестоящего уровня. Для формализации этого принципа переопределим операторы $Z_{ij}, Z_{1c}, Z_{2c}, Z_{3v}, Z_{4v}, Z_{5e}, Z_{6e}, Z_{7e}, Z_c, Z_v, Z_e$ следующим образом:

$$\begin{aligned} \forall \gamma_{ij} \in \Gamma_{ij} : Z_{ij}(\gamma_{ij}) : R \times D_{ij} \rightarrow M_{ij}, \quad i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}, \\ j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 \cup N_6 \cup N_7; \end{aligned} \quad (2.8)$$

$$\forall l_{1c} \in L_{1c} : Z_{1c}(l_{1c}) : R \times \{ \times W_{1j} | j \in N_1 \} \rightarrow \{ \times \Gamma_{1j} | j \in N_1 \}; \quad (2.9)$$

$$\forall l_{2c} \in L_{2c} : Z_{2c}(l_{2c}) : R \times \{ \times W_{2j} | j \in N_2 \} \rightarrow \{ \times \Gamma_{2j} | j \in N_2 \}; \quad (2.10)$$

$$\forall l_{3v} \in L_{3v} : Z_{3v}(l_{3v}) : R \times \{ \times W_{3j} | j \in N_3 \} \rightarrow \{ \times \Gamma_{3j} | j \in N_3 \}; \quad (2.11)$$

$$\forall l_{4v} \in L_{4v} : Z_{4v}(l_{4v}) : R \times \{ \times W_{4j} | j \in N_4 \} \rightarrow \{ \times \Gamma_{4j} | j \in N_4 \}; \quad (2.12)$$

$$\forall l_{5e} \in L_{5e} : Z_{5e}(l_{5e}) : R \times \{ \times W_{5j} | j \in N_5 \} \rightarrow \{ \times \Gamma_{5j} | j \in N_5 \}; \quad (2.13)$$

$$\forall l_{6e} \in L_{6e} : Z_{6e}(l_{6e}) : R \times \{ \times W_{6j} | j \in N_6 \} \rightarrow \{ \times \Gamma_{6j} | j \in N_6 \}; \quad (2.14)$$

$$\forall l_{7e} \in L_{7e} : Z_{7e}(l_{7e}) : R \times \{ \times W_{7j} | j \in N_7 \} \rightarrow \{ \times \Gamma_{7j} | j \in N_7 \}; \quad (2.15)$$

$$\forall o_c \in O_c : Z_c(o_c) : R \times \{ \times P_j | j \in \{1, 2\} \} \rightarrow \{ \times L_j | j \in \{1, 2\} \}; \quad (2.16)$$

$$\forall o_v \in O_v : Z_v(o_v) : R \times \{ \times P_j | j \in \{3, 4\} \} \rightarrow \{ \times L_j | j \in \{3, 4\} \}; \quad (2.17)$$

$$\forall o_e \in O_e : Z_e(o_e) : R \times \{ \times P_j | j \in \{5, 6, 7\} \} \rightarrow \{ \times L_j | j \in \{5, 6, 7\} \}. \quad (2.18)$$

Таким образом, согласно (2.8) – (2.18) операторы $Z_{ij}(\gamma_{ij}), Z_{1c}(l_{1c}), Z_{2c}(l_{2c}), Z_{3v}(l_{3v}), Z_{4v}(l_{4v}), Z_{5e}(l_{5e}), Z_{6e}(l_{6e}), Z_{7e}(l_{7e}), Z_c(t_c), Z_v(t_v), Z_e(t_e)$ параметрически зависят от координирующих сигналов $\gamma_{ij}, l_{1c}, l_{2c}, l_{3v}, l_{4v}, l_{5e}, l_{6e}, l_{7e}, t_c, t_v, t_e$, поступающих с вышестоящих уровней системы автоматизированного расчета оборудования промышленной экологии.

Координируемость относительно вышестоящего уровня требует, чтобы задачи верхнего уровня и множество задач нижнего уровня имели решение, т.е.:

$$(\forall i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} \wedge \forall j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 \cup N_6 \cup N_7$$

$$\begin{aligned}
& \exists (\gamma_{ij}, m_{ij}) \wedge \exists (l_{1c}, l_{2c}, l_{3v}, l_{4v}, l_{5e}, l_{6e}, l_{7e}, t_c, t_v, t_e) : \\
& : [P(m_{ij}, Z_{ij}(\gamma_{ij})) \wedge P(\gamma_{ij}, Z_{1c}(l_{1c})) \wedge P(\gamma_{ij}, Z_{2c}(l_{2c})) \wedge \\
& \wedge P(\gamma_{ij}, Z_{3v}(l_{3v})) \wedge P(\gamma_{ij}, Z_{4v}(l_{4v})) \wedge P(\gamma_{ij}, Z_{5e}(l_{5e})) \wedge \\
& \wedge P(\gamma_{ij}, Z_{6e}(l_{6e})) \wedge P(\gamma_{ij}, Z_{7e}(l_{7e})) \wedge \\
& \wedge P(l_{1c}, l_{2c}, Z_c(t_c)) \wedge P(l_{3v}, l_{4v}, Z_v(t_v)) \wedge \\
& \wedge P(l_{5e}, l_{6e}, l_{7e}, Z_e(t_e)) \wedge P(t_c, t_v, t_e, Z_n)]. \tag{2.19}
\end{aligned}$$

Совместимость. Рассмотрим более подробно особенности рассматриваемой системы оценки качества инвестиционного проекта ПТС.

Непосредственный контакт с процессом проектирования (системой моделей технологических процессов получения целевой продукции, структурами технологических схем очистки газовых выбросов и сточных вод, экономических процессов региона и т.п.) имеют только нижестоящие задачи. Задачи вышестоящего уровня могут воздействовать на процесс ПП только через задачи нижнего уровня. Поэтому достижение целей глобальной задачи возможно только при координируемости нижестоящих задач относительно глобальной.

Вышестоящая задача, например Z_c , осуществляя координацию задачи Z_{1c} и Z_{2c} , преследует свои цели (достижение максимума эффективности функционирования производства целевой продукции). Поэтому задачи, например Z_{2j} , $j \in N_2$, должны быть координируемы и по отношению к задаче Z_c .

Учитывая перечисленные особенности системы для совместимости целей, которые стоят перед рассматриваемыми задачами (см. рис. 2.1), координация нижестоящих задач относительно вышестоящего уровня должна быть связана с глобальной задачей. Поэтому введем оператор f_m , отображающий $t = (t_c, t_v, t_e)$ в сигналы, влияющие на процесс инвестиционного проектирования: $f_m : T_c \times T_v \times T_e \rightarrow M_{1c} \times M_{2c} \times M_{3v} \times M_{4v} \times M_{5e} \times M_{6e} \times M_{7e}$, т.е. $(m_{ij}, i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 \cup N_6 \cup N_7) = f_m(t_c, t_v, t_e)$.

Будем считать известными обратные операторы f_m^{-1} , позволяющие определить t_g, t_v, t_e по (m_{ij}) , т.е. $(t_g, t_v, t_e) = f_m^{-1}(m_{ij}, i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 \cup N_6 \cup N_7)$. Тогда требование совместимости задач в иерархической системе может быть сформулировано в форме:

$$\begin{aligned}
& (\forall i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} \wedge \forall j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 \cup N_6 \cup N_7 \\
& \exists (\gamma_{ij}, m_{ij}) \wedge \exists (t_g, t_v, t_e) : [P(m_{ij}, Z_{ij}(\gamma_{ij})) \wedge P(m_{1c}, Z_{1c}) \wedge \\
& \wedge P(m_{2c}, Z_{2c}) \wedge P(m_{3v}, Z_{3v}) \wedge P(m_{4v}, Z_{4v}) \wedge P(m_{5e}, Z_{5e}) \wedge \\
& \wedge P(m_{6e}, Z_{6e}) \wedge P(m_{6e}, Z_{6e}) \wedge P(m_c, Z_c) \wedge P(m_v, Z_v) \wedge \\
& \wedge P(m_e, Z_e)] \Rightarrow [P(m_{ij}, Z_{ij}(\gamma_{ij})) \wedge P(f_m^{-1}(m_{ij}, i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}, \\
& j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 \cup N_6 \cup N_7), Z_n)]. \tag{2.20}
\end{aligned}$$

Условие (2.20) означает, что задачи Z_{ij} нижнего уровня скорректированы относительно глобальной задачи Z_n тогда, когда они скорректированы относительно задач $Z_g, Z_v, Z_e, Z_{1c}, Z_{2c}, Z_{3v}, Z_{4v}, Z_{5e}, Z_{6e}, Z_{7e}$.

Модифицируемость. В случае, когда в многоуровневой системе отсутствует координируемость, задачи нижнего уровня необходимо модифицировать так, чтобы координируемость имела место. Другими словами, требуется найти такие множества координирующих сигналов $\bar{\Gamma}_{1c}, \bar{\Gamma}_{2c}, \bar{\Gamma}_{3v}, \bar{\Gamma}_{4v}, \bar{\Gamma}_{5e}, \bar{\Gamma}_{6e}, \bar{\Gamma}_{7e}, \bar{L}_{1c}, \bar{L}_{2c}, \bar{L}_{3v}, \bar{L}_{3v}, \bar{L}_{5e}, \bar{L}_{6e}, \bar{L}_{7e}, \bar{T}_g, \bar{T}_v, \bar{T}_e$ и такие множества задач $\{\bar{Z}_{ij}\}, i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 \cup N_6 \cup N_7$, а также $\{\bar{Z}_{1c}\}, \{\bar{Z}_{2c}\}, \{\bar{Z}_{3v}\}, \{\bar{Z}_{4v}\}, \{\bar{Z}_{5e}\}, \{\bar{Z}_{6e}\}, \{\bar{Z}_{7e}\}, \{\bar{Z}_c\}, \{\bar{Z}_v\}, \{\bar{Z}_e\}$, при которых выполняются условия (2.19) и (2.20). Введем предикаты $P_1 =$ (условие (2.19) выполняется) и $P_2 =$ (условие (2.20) выполняется), тогда требование модифицируемости примет вид:

$$\begin{aligned}
& \exists (\bar{\Gamma}_{1c} \subseteq \Gamma_{1c}, \bar{\Gamma}_{2c} \subseteq \Gamma_{2c}, \bar{\Gamma}_{3v} \subseteq \Gamma_{3v}, \bar{\Gamma}_{4v} \subseteq \Gamma_{4v}, \\
& \bar{\Gamma}_{5e} \subseteq \Gamma_{5e}, \bar{\Gamma}_{6e} \subseteq \Gamma_{6e}, \bar{\Gamma}_{7e} \subseteq \Gamma_{7e}; \\
& \bar{L}_{1c} \subseteq L_{1c}, \bar{L}_{2c} \subseteq L_{2c}, \bar{L}_{3v} \subseteq L_{3v}, \bar{L}_{4v} \subseteq L_{4v}, \\
& \bar{L}_{5e} \subseteq L_{5e}, \bar{L}_{6e} \subseteq L_{6e}, \bar{L}_{7e} \subseteq L_{7e}; \\
& \bar{T}_c \subseteq T_c, \bar{T}_v \subseteq T_v, \bar{T}_e \subseteq T_e; \{\bar{Z}_{ij}\} \subseteq \{Z_{ij}\}, i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}, \\
& j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 \cup N_6 \cup N_7; \\
& \{\bar{Z}_{1c}\} \subseteq \{Z_{1c}\}, \{\bar{Z}_{2c}\} \subseteq \{Z_{2c}\}, \{\bar{Z}_{3v}\} \subseteq \{Z_{3v}\}, \{\bar{Z}_{4v}\} \subseteq \{Z_{4v}\},
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \{\bar{Z}_{5e}\} \subseteq \{Z_{5e}\}, \{\bar{Z}_{6e}\} \subseteq \{Z_{6e}\}, \{\bar{Z}_{7e}\} \subseteq \{Z_{7e}\}, \\
& \{\bar{Z}_c\} \subseteq \{Z_c\}, \{\bar{Z}_v\} \subseteq \{Z_v\}, \{\bar{Z}_e\} \subseteq \{Z_e\}: (\forall (\gamma_{1c} \in \bar{\Gamma}_{1c}, \gamma_{2c} \in \bar{\Gamma}_{2c}, \\
& \gamma_{3v} \in \bar{\Gamma}_{3v}, \gamma_{4v} \in \bar{\Gamma}_{4v}, \gamma_{5e} \in \bar{\Gamma}_{5e}, \gamma_{6e} \in \bar{\Gamma}_{6e}, \gamma_{7e} \in \bar{\Gamma}_{7e}; \\
& l_{1c} \in \bar{L}_{1c}, l_{2c} \in \bar{L}_{2c}, l_{3v} \in \bar{L}_{3v}, l_{4v} \in \bar{L}_{4v}, \\
& l_{5v} \in \bar{L}_{5v}, tl_{6e} \in \bar{L}_{6e}, l_{7e} \in \bar{L}_{7e}; t_c \in \bar{T}_c, t_v \in \bar{T}_v, t_e \in \bar{T}_e; \\
& Z_{ij} \in \{\bar{Z}_{ij}\}, Z_{1c} \in \{\bar{Z}_{1c}\}, Z_{2c} \in \{\bar{Z}_{2c}\}, Z_{3v} \in \{\bar{Z}_{3v}\}, Z_{4v} \in \{\bar{Z}_{4v}\}, \\
& Z_{5e} \in \{\bar{Z}_{5e}\}, Z_{6e} \in \{\bar{Z}_{6e}\}, Z_{7e} \in \{\bar{Z}_{7e}\}, \\
& Z_c \in \{\bar{Z}_c\}, Z_v \in \{\bar{Z}_v\}, Z_e \in \{\bar{Z}_e\}) \rightarrow [P_1 \wedge P_2 \wedge P_3].
\end{aligned}
\tag{2.21}$$

Условия (2.19) – (2.21) требуют, чтобы исходные множества задач $\{Z_{ij}\}, i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 \cup N_5 \cup N_6 \cup N_7, \{Z_{1c}\}, \{Z_{2c}\}, \{Z_{3v}\}, \{Z_{4v}\}, \{Z_{5e}\}, \{Z_{6e}\}, \{Z_{7e}\}, \{Z_c\}, \{Z_v\}, \{Z_e\}$ были достаточно мощными, чтобы выбором подмножеств этих множеств можно было бы добиться совместимости и координируемости задач в системе.

При проектировании системы оценки качества инвестиционного проекта ПТС уровень формализации отдельных задач определяется наличием сведений: о кинетике протекания технологических процессов получения целевой продукции и обезвреживания отходов, правилах и приемах принятия решений. Алгоритмы решения взаимосвязанных задач должны обеспечивать нахождение решения с точностью, согласованной с точностью исходной информации. Разработка интеллектуального и программного обеспечения на основе системного подхода позволит повысить качество инвестиционного проекта, снизить сроки выполнения и стоимость проектных решений.

2.2. Комплексная оценка при принятии решения задачи оценки качества инвестиционного проекта

К особенностям принятия решений в сфере инвестирования следует отнести: сложность и большую размерность экономической системы региона (страны); неопределенность ее поведения; открытый ее характер; действие случайных факторов; отдаленные последствия принятых решений; множество критериев оценки различной природы.

Наличие множества критериев при решении задачи оценки качества инвестиционного проекта промышленного производства предполагает использование методов многокритериальной оптимизации. Существуют два основных пути решения задачи многокритериальной оптимизации: поиск компромиссных решений, оптимальных по Парето, и поиск решений, оптимальных в смысле обобщенного скалярного критерия, полученного путем свертки (скаляризации) всех компонентов векторного критерия оптимальности (ВКО). Первый путь связан с трудностями использования строгих математических методов оптимизации для широкого круга задач, а также отсутствием, как правило, единственности искомого решения [13, 96]. В связи с этим этап поиска компромиссных решений имеет вспомогательное значение и используется лишь для предварительного уменьшения размерности исходного множества решений до этапа свертки ВКО. Суть второго метода заключается в сведении векторной задачи оптимизации к скалярной. При этом формируется обобщенный критерий, значение которого для различных вариантов управления является проекцией всех компонентов ВКО на одну числовую ось, что значительно облегчает окончательный выбор оптимального решения, так как существует множество конструктивных скалярных методов оптимизации.

При многокритериальном подходе к задаче выбора возникает необходимость в решении трех принципиальных проблем. Во-первых, выбор метода (способа) решения задачи с учетом оценки качества вариантов по всем рассматриваемым критериям. Во-вторых, выбор принципа нормализации, приводящего все критерии к единому масштабу измерения и позволяющего производить их сопоставление. В-третьих, выбор принципа учета приоритета, позволяющего отдавать предпочтение более важным критериям [17].

В рамках общей проблематики многокритериального выбора вариантов (МкВВ) [25] можно выделить два направления: 1) полностью формализованные процедуры выбора; 2) человеко-машинные процедуры выбора из конечного множества вариантов с образным представлением информации (МкВВ-процедуры). Причем, все известные методы выбора целесообразно использовать совместно для подтверждения правильности выбора того или иного варианта. В каждом конкретном случае необходимо решать вопросы о выборе методов нормализации множества критериев и их ранжирования, а также метода многокритериального выбора (общего свертывания, постепенно наращиваемой свертки, с поэтапным учетом критериев, типологической свертки и т.д.) [3, 88].

При разработке математического обеспечения для решения отдельных задач оценки качества инвестиционного проекта промышленного производства традиционные методы их оценки (см. раздел 1.3) не учитывают социально-экономические последствия загрязнения окружающей среды, а также особенности функционирования конкретных производств. Вместе с тем влияние этих факторов не менее значительно, чем экономическая целесообразность и неотделимо от этого влияния. Оценка воздействия вышеуказанных факторов должна учитываться на этапе составления бизнес-плана и при анализе целесообразности его реализации. Это позволит усовершенствовать процесс разработки инвестиционного проекта и выработать альтернативные варианты технологических процессов основных производств и производств по утилизации отходов. Разработка альтернативных вариантов и определение последствий каждого из них будут способствовать выработке оптимальных решений. Кроме того, оценка воздействия на окружающую среду на этапе предпроектной проработки дает возможность модифицировать проект при минимальных расходах.

Анализ работ по вопросам решения экономических задач, возникающих при проектировании ПТС, показал, что в настоящее время мало известных работ, где были бы эти задачи детально рассмотрены одновременно как с экологических, так и с экономических позиций. Решение задач по многокритериальному выбору технологических процессов основных производств и производств по утилизации их отходов предопределяет качество по смежным частям проекта.

Для обеспечения технико-экономической эффективности и экологической безопасности при размещении ПТС основными задачами, решаемыми на региональном и (или) локальном уровнях, являются:

- синтез экологически безопасных технологических процессов получения целевой продукции;
- синтез технологических процессов очистки сточных вод и газовых выбросов ПТС;
- синтез экономически выгодных вариантов привлечения и расходования финансовых ресурсов проекта.

2.3. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВАРИАНТОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

Рассмотрим постановку задачи оценки качества инвестиционного проекта промышленного производства, учитывающую многокритериальный подход к задаче выбора оптимальных решений.

Для вновь создаваемого промышленного производства получения продукции с заданными потребительскими качествами на множестве $W = T_o \times T_g \times T_v \times R_e \times M_e \times S_e$ найти такой вариант $w^* \in W$, для которого сумма взвешенных относительных потерь отдельных критериев имеет минимальное значение. Определение варианта w^* осуществляется с использованием:

- экономического критерия, включающего в себя затраты на реализацию технологических процессов получения целевой продукции и обезвреживания отходов;
- критерия надежности функционирования основного и вспомогательного технологического оборудования;
- критерия технологичности и безопасности совокупности процессов получения целевой продукции и обезвреживания отходов;
- критерия экономической эффективности по показателям: чистой приведенной стоимости, индексу рентабельности и дисконтированному сроку окупаемости.

Множество W представляет собой декартово произведение множеств: вариантов структурных схем технологических процессов получения целевой продукции T_c ; вариантов структурных схем технологических процессов обезвреживания газовых выбросов основных производств T_g ; вариантов структурных схем технологических процессов обезвреживания сточных вод основных производств T_v ; вариантов схем финансирования реализации проекта R_e ; вариантов условий сбыта готовой продукции M_e ; вариантов источников финансирования проекта S_e .

В формализованном виде задача заключается в поиске минимума целевой функции $\bar{F}(w)$:

$$w^* = \arg \min_{w \in W} \bar{F}(w) \quad (2.22)$$

при выполнении санитарно-экологических ограничений:

$$P_r \{c_{wj} < (c_j^{\lim} - \Delta c_{wj})\} \geq \delta_{C_j}, \quad j = \overline{1, J}; \quad (2.23)$$

ограничений на показатели функционирования системы:

$$F^l(w) \leq F^{l, \text{zad}}, \quad l = \overline{1, L_1}; \quad (2.24)$$

$$F^m(w) \leq F^{m, \text{zad}}, \quad m = \overline{1, L_2}; \quad (2.25)$$

уравнений связи, представляющих математические модели:

- формирования вариантов схем технологических процессов получения целевой продукции

$$\bar{M}_1(Q_c, T_c) = 0; \quad (2.26)$$

- формирования вариантов структурных схем технологических процессов очистки сточных вод

$$\bar{M}_2(\bar{C}_{\text{вх}}, \bar{C}_{\text{фон}}, \bar{C}_{\text{вых}}, \bar{q}, \bar{Q}_{V1}, T_{V1}) = 0; \quad (2.27)$$

- формирования вариантов структурных схем технологических процессов газоочистки

$$\bar{M}_3(\bar{C}_{\text{вх}}, \bar{C}_{\text{фон}}, \bar{C}_{\text{вых}}, \bar{Q}_{V2}, T_{V2}) = 0; \quad (2.28)$$

- формирования вариантов источников финансирования инвестиционного проекта

$$\bar{M}_4(A, PR, IC, CR) = 0; \quad (2.29)$$

- формирования вариантов условий реализации продукции, полученной в ходе осуществления проекта

$$\bar{M}_5(D, P, RC) = 0; \quad (2.30)$$

- формирования вариантов схем финансирования инвестиционного проекта

$$\bar{M}_6(TP, FC) = 0. \quad (2.31)$$

Здесь $w_{\text{opt}} = \{t_{\text{opt}}; t_{g\text{opt}}; t_{v\text{opt}}; r_{\text{opt}}; m_{\text{opt}}; s_{\text{opt}}\}$ – оптимальный вариант; P_r – символ вероятности; $c_{wj}, c_j^{\text{lim}}, \Delta c_{wj}$ – соответственно концентрация j -й примеси в природном водоеме – приемнике очищенных сточных вод и (или) в приземном слое атмосферы для w -го варианта системы, ее предельно допустимое значение и некоторый "запас"; δ_{C_j} – значения вероятностей, с которыми обеспечивается запас по C_j ; J – количество примесей; Q_c – объем выпускаемой продукции; T_c – множество технологических процессов получения целевой продукции; $\bar{C}_{\text{вх}}, \bar{C}_{\text{вых}}, \bar{C}_{\text{фон}}$ – соответственно совокупности концентраций вредных примесей на входе и выходе станции очистки сточных вод и (или) системы газозащиты, а также их фоновых значений; $\bar{Q}_{V1}, \bar{Q}_{V2}$ – функции входных потоков сточных вод и газовых выбросов; \bar{q} – совокупность уровней качества сточных вод; T_{V1}, T_{V2} – множества возможных вариантов структуры технологической системы процессов очистки сточных вод и газовых выбросов; $F^l(w), F^m(w), F^{l,\text{zad}}, F^{m,\text{zad}}$ – соответственно значения показателей функционирования w -го варианта ПТС (надежность, технологичность, безопасность и т.п.) и их заданные значения; L_1, L_2 – соответственно количества показателей, для которых задаются условия (2.24) и (2.25); A – амортизация предприятия; PR – прибыль предприятия; IC – уставный капитал предприятия; CR – заемные средства предприятия; D – объем спроса на продукцию, которая будет получена в ходе реализации проекта; P – цена, которую готовы платить потребители за производимый товар, которая зависит от степени удовлетворенности покупателей (степень качества продукции); RC – географические регионы размещения готовой продукции, приоритетность которых зависит от конкретных природных условий, разветвленности инфраструктуры, а также других предпосылок; TR – совокупность технологических особенностей процесса производства; FC – финансовые возможности инвестора; $\bar{M}_1(\circ) - \bar{M}_6(\circ)$ – нелинейные функции: математические модели процессов получения целевой продукции и обезвреживания отходов; \times – знак декартова произведения.

При такой постановке решение задачи (2.22) – (2.31) невозможно получить в связи с высокой размерностью пространства переменных состояния экономической системы региона (страны), сложностью построения математических моделей технологических процессов получения целевой продукции и обезвреживания отходов и т.д. Поэтому, для практического решения задачи оценки качества инвестиционного проекта промышленного производства заменим ее последовательным рассмотрением подзадач меньшей размерности, имеющих и самостоятельное значение в процессе проектирования:

- 1 – оценки технологических процессов производства целевой продукции;
- 2 – оценки производств по обезвреживанию отходов;
- 3 – оценки инвестиционной целесообразности реализации проекта.

Формализация и решение этих задач являются предметом дальнейших исследований в работе.

Специфика сложных систем состоит в том, что многие задачи, входящие в них, относятся к классу задач дискретного программирования. При этом поиск оптимальных решений осуществляется как по одному критерию, так и по совокупности критериев. В тех случаях, когда множество вариантов решений невелико (не более $10^3 - 10^4$ вариантов), то, учитывая быстрое действие современных ПЭВМ, искомое решение следует находить методом полного перебора вариантов. Однако с увеличением числа вариантов это становится проблематичным даже при использовании последних моделей ПЭВМ. Поэтому возникает необходимость построения общей процедурной схемы, которую можно было бы использовать при поиске оптимального решения. В основе такой схемы лежит метод последовательного конструирования, анализа и отсеивания вариантов, базирующийся на обобщении некоторых общих идей теории последовательных статистических решений А. Вальда [13]. При реализации данного метода процесс принятия решения представляется в виде многоступенчатой структуры, напоминающей структуру сложного опыта. Каждая ступень связана с проверкой наличия тех или иных свойств у подмножества вариантов и ведет либо к непосредственному сокращению исходного множества вариантов, либо подготавливает возможность такого сокращения в будущем. При этом на этапе формализации задачи необходимо указать, какими отличительными свойствами должен обладать искомый вариант. Затем нужно выявить по возможности больше признаков, позволяющих установить, что данный вариант не является искомым. Среди этих признаков выбираются наиболее легко проверяемые и присущие одновременно по возможности большему числу вариантов. После этого выбор численной схемы решения состоит в выборе рационального порядка проверки признаков, позволяющего провести отсев неконкурентоспособных вариантов и найти оптимальный. Одно из правил отсева бесперспективных вариантов основано на принципе монотонной рекурсивности [17]. На основе этого принципа были построены алгоритмы пошагового конструирования вариантов для решения различных задач дискретной оптимизации [59].

С точки зрения формальной логики, схема последовательного анализа вариантов сводится к следующей последовательности повторения преобразований:

- разбиение множества вариантов решений задачи на несколько подмножеств, каждое из которых обладает дополнительными специфическими свойствами;
- использование этих свойств для поиска логических противоречий в описании отдельных подмножеств;
- исключение из дальнейшего рассмотрения тех подмножеств вариантов решения, в описании которых имеются логические противоречия.

При этом методика последовательного развития, анализа и отбора вариантов состоит в таком способе развития вариантов и таком способе построения операторов их анализа, которые позволяют отсеивать невыгодные (бесперспективные) начальные части вариантов до их полного построения – по мере того, как эту бесперспективность удастся обнаружить. Поскольку при отсеивании бесперспективных начальных частей вариантов отсеивается тем самым все множество их продолжений, то происходит значительная экономия в вычислительной процедуре, причем эта экономия является тем более существенной, чем больше специфических свойств задачи использовано для построения операторов анализа и отсева.

Наряду с известными достоинствами алгоритмы пошагового конструирования решений обладают и определенными недостатками. Так, они, как правило, предъявляют чрезмерные требования к оперативной памяти ПЭВМ; с ростом числа ограничений задачи резко увеличивается объем вычислительных операций для поиска оптимального решения.

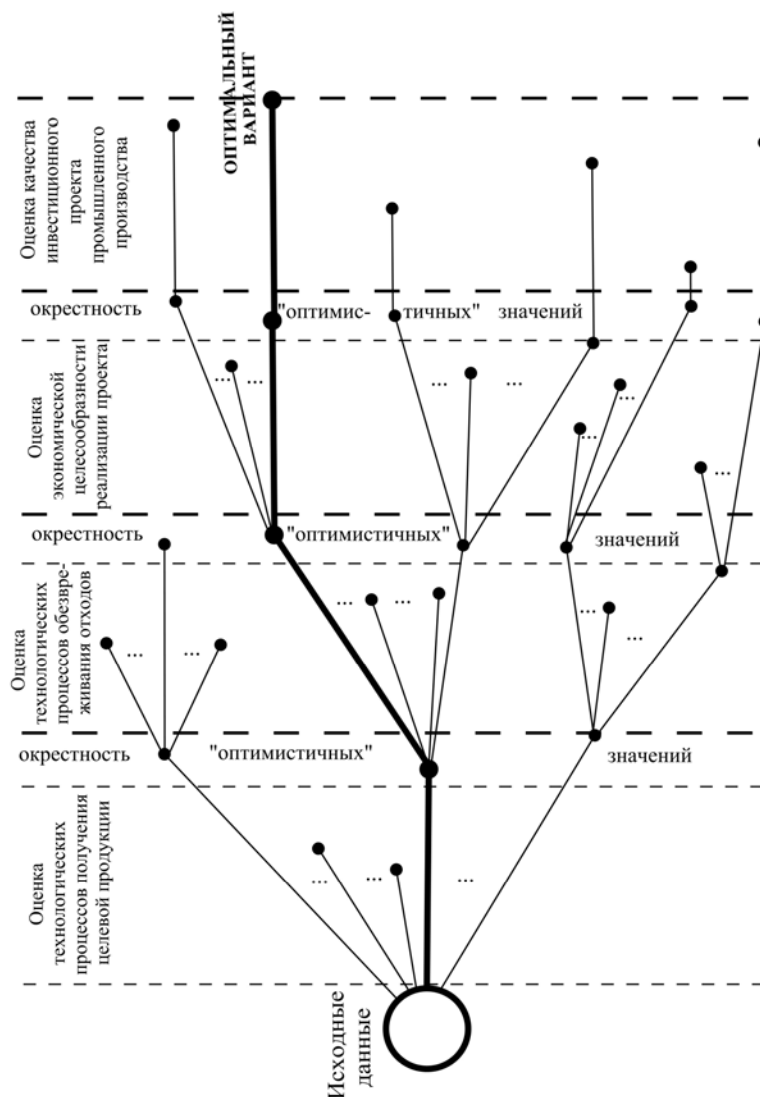


Рис. 2.2. Схема анализа и отсева вариантов решений при оценке качества инвестиционного проекта ПТС

Вместе с тем, сама методология последовательного анализа вариантов позволяет строить другие схемы решения дискретных оптимизационных задач. При отказе от идеи пошагового конструирования решений в процессе решения задачи методом последовательного анализа и отсеивания вариантов устраняется необходимость в запоминании на каждом шаге множества "деноминируемых" частичных решений, подлежащих развитию на следующем шаге, чем достигается экономия памяти ПЭВМ, так как эти алгоритмы на каждом шаге работают со всем множеством возможных решений.

Рассмотрим одну из возможных схем последовательного анализа и отсеивания вариантов проекта ПТС, использующую идею пошагового конструирования решений, при анализе вариантов решения задач оценки качества инвестиционного проекта. В этой схеме используем методологию последовательного анализа и отсеивания вариантов путем отсеивания бесперспективных элементов как по ограничениям, так и по целевой функции без построения начальных частей вариантов и их дальнейшего развития.

В основе схемы при поиске оптимального решения отдельных задач лежит метод ограничений [54].

При последовательном решении подзадач 1, 2, 3, используя интегральные критерии, получаем подмножества их решений, для которых значения критерия находятся в заданной окрестности оптимальной его величины. Это обусловлено тем, что используются укрупненные (часто экспертные) оценки.

Оптимальный вариант инвестиционного проекта ПТС определяется по критерию F на множестве вариантов, представляющих декартово произведение полученных подмножеств "оптимистичных" решений задач 1, 2, 3. Схема анализа и отсеивания вариантов решений при оценке качества инвестиционного проекта ПТС приведена на рис. 2.2.

3. ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Среди множества промышленных производств можно выделить два характерных класса:

- производства, для получения целевой продукции которых используются чаще всего уникальные технологии, а все множество видов отходов может быть обезврежено с помощью достаточно большого количества различных технологий;
- производства, для получения целевой продукции которых могут быть использованы различные и технологии, и виды оборудования, а отходами являются незначительные газовые выбросы.

К производствам первого из вышеобозначенных классов относятся химические производства, в частности многоассортиментные малотоннажные химические производства красителей, добавок к полимерным материалам и т.д. К производствам второго класса относятся машиностроительные производства. При их сравнении с химическими производствами следует отметить: ассортимент выпускаемой продукции машиностроительных предприятий меняется значительно чаще, чем химических; каждое предприятие располагает достаточно большим парком разнообразного оборудования, используемого для производства целевой продукции в зависимости от имеющегося материала.

В связи с этим при разработке методологических основ оценки качества инвестиционного проекта промышленного производства будем учитывать особенности этих классов производств.

В разделе 2.1 нами обоснована целесообразность рассмотрения совокупности задач оценки качества инвестиционного проекта с позиций теории сложных систем, определено место отдельных подзадач. В настоящей части работы рассмотрим комплекс подзадач, связанных с оценкой укрупненных затрат на реализацию технологических процессов получения целевой химической и машиностроительной продукции.

3.1. ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

3.1.1. Оценка технологических процессов получения целевой химической продукции

Пусть W_{oc} – подмножество всех допустимых вариантов технологических процессов получения целевой химической продукции, P – подмножество предприятий, на которых возможно размещение проектируемых химических производств (ПХП), тогда постановку задачи оценки затрат при размещении ПХП на стадии решения вопроса инвестирования проекта сформулируем следующим образом: на множестве $\Omega = P \times W_{oc}$ найти такой вариант ω^* , для которого сумма затрат на его реализацию и стоимость ущерба, нанесенного природе и обществу отходами ПХП, имеет минимальное значение.

В формализованном виде задача выбора варианта технологических процессов получения целевой продукции и района размещения проектируемых ПХП заключается в поиске минимума суммы всех затрат:

$$\min_{w \in W_{oc}, i \in P} F = \varphi_{iw} + \sum_{j=1}^N s_{iwj} \cdot d_{ij} + \sum_{l=1}^{L_w} s'_{iwl} \cdot d'_{iwl} + \sum_{k=1}^K (\eta_{iwk} + Zq_{iwk}) \quad (3.1)$$

при выполнении технико-экономических ограничений:

$$r_i^\beta \leq r_i^{\beta, \lim}, \quad i = \overline{1, P}, \quad \beta = \overline{1, B}, \quad (3.2)$$

санитарно-экологических ограничений:

$$c_p^{k, \lim} - \max c_{iwp}^k > \Delta c_p^k, \quad i = \overline{1, P}, \quad w = \overline{1, W_{oc}}, \quad p = \overline{1, J^k}, \quad (3.3)$$

$$\sum_{p=1}^{J_\theta} \frac{c_{wp}^k}{c_p^{k, \lim}} < 1, \quad \theta = \overline{1, \Theta}, \quad i = \overline{1, P}, \quad \beta = \overline{1, B}, \quad (3.4)$$

и уравнений связи, представляющих экономико-математическую модель ПХП:

$$f^1(m, \tilde{m}, \bar{c}, \bar{c}_{фон}, \tilde{R}) = 0, \quad (3.5)$$

где F – критерий оптимальности; φ_{iw} – затраты на строительство и эксплуатацию ПХП суммарной годовой мощностью m готовой продукции в i -м районе размещения при w -м варианте технологических процессов; \tilde{R} – множество природно-климатических и технико-экономических характеристик районов размещения; s_{iwj} и s'_{iwl} – транспортные расходы, связанные с перевозкой единицы готовой продукции из точки i в точку j и единицы необходимого для производства сырья для w -го варианта технологических процессов ПХП из точки l в точку i ; d_{ij} – количество готовой продукции, производимой в точке i для точки j ; d'_{iwl} – количество сырья, поставляемого для w -го варианта технологических процессов ПХП в точку i

из точки l ; N, L_w – соответственно число точек потенциальных потребителей готовой продукции и поставщиков сырья; W_{oc} – число вариантов технологических процессов основных ПХП; η_{iwk} – величина годового экономического ущерба, причиняемого выбросами вредных веществ w -м вариантом технологических процессов ПХП в k -й компонент окружающей среды; \tilde{m}_{wk} – приведенная масса годовых выбросов вредных веществ от w -го варианта технологических процессов ПХП в k -й компонент окружающей среды; Zq_{iwk} – затраты, связанные со строительством и эксплуатацией очистных сооружений, утилизирующих отходы, попадающие в k -й компонент окружающей среды от w -го варианта технологических процессов ПХП в i -м районе размещения; $c_p^{k,lim}$ – значение ПДК p -й примеси в k -й природной среде; $\max c_{iwp}^k$ – максимальное значение концентрации p -й примеси в k -й природной среде от w -го варианта технологических процессов ПХП в i -м районе размещения; Δc_p^k – "запас" по концентрации p -й примеси в k -й природной среде; J^k – число примесей, выбрасываемых в k -й компонент природной среды; K – число компонент окружающей среды; $\bar{c}, \bar{c}_{фон}$ – соответственно функции концентраций вредных примесей – отходов ПХП и их фоновых значений в районах размещения; $f^1(\circ)$ – нелинейная функция алгебраического типа; $r_i^\beta, r_i^{\beta,lim}$ – соответственно значение β -й характеристики ПХП и ее предельная величина для i -го района размещения, например: площадь, занимаемая ПХП и наличие свободной площади на генплане предприятия в i -м районе; затраты электроэнергии для производства целевой продукции и ее лимит на получение из объединенной энергосистемы в i -м районе и т.п.

Затраты в выражении (3.1) представим в виде:

$$\Phi_{iw}(m, r_i) = Zk_w^1 + Zk_{iw}^2 + Ze_w^1 + Ze_{iw}^2, \quad (3.6)$$

где Zk_w^1, Ze_w^1 – соответственно составляющие затрат на капитальное строительство и производство, не зависящие от района размещения ПХП; Zk_{iw}^2, Ze_{iw}^2 – соответственно составляющие затрат на капитальное строительство и производство, зависящие от природно-климатических и технико-экономических особенностей района размещения ПХП.

3.1. Основные характеристики отдельных анилинокрасочных производств (в условных единицах)

№ п/п	Наименование производства	Стоимость СМР, тыс. у.е.	Стоимость оборудования, тыс. у.е.	Количество работающих	Площадь, м ²	Строительный объем, м ³	Мощность, тыс. т
1	Фталоцианиловые пигменты	2124,52	1586,52	158	2643,3	82 992,4	0,54
2	Солянокислый анилин	664,98	503,83	73	1476,0	23 944,0	6,00
3	Метилловый эфир бензолсульфокислоты	840,00	420,00	103	2000,0	23 500,0	5,00
4	Гипофосфат натрия	600,00	850,00	102	1300,0	15 000,0	0,72
5	Бромаминовая кислота	1963,19	1014,00	108	3935,0	52 136,0	0,55
6	Азокрасители	6745,74	3972,60	256	10004,0	256 443,0	2,44
7	Бисульфат натрия	96,00	581,12	153	2556,0	23 321,0	42,00
8	Сульфит натрия	235,00	561,00	83	1256,0	23 327,0	7,50
9	2-нафтол	7301,90	3118,60	423	18877,6	342 386,1	16,00
10	Изопропиловый ксантогенат калия	1444,40	1143,50	194	7426,5	89 124,3	12,00
11	Сероуглерод	5245,36	5667,11	201	12933,1	119 706,0	60,00
12	Акриловые смолы	1425,76	1249,23	102	2055,4	25 983,0	6,00
13	Фталевый ангидрид	2310,00	1483,03	287	6661,0	69 040,8	11,20
14	Малеиновый ангидрид	2127,00	2324,51	131	6703,0	55 572,0	6,71
15	Пиразолон	509,00	297,13	78	750,0	17 630,0	0,90
16	Дикетен	1716,00	10 000,51	112	3865,0	21 436,0	1,10
17	Толуилендиамин	11 079,00	329,45	51	1690,0	22 440,0	3,60
18	Толуилендиизоанат	2069,09	690,72	257	2280,0	56 456,0	3,60
19	Динитробензол	399,02	234,61	89	1225,0	16 520,0	7,50
20	2,4-динитроанилин	612,28	464,97	73	1645,0	19 342,0	2,40
21	3-хлорфенол и 3-хлорфенолят меди	2823,46	1290,90	185	2989,0	66 296,0	1,70
22	Паранитробензолхлорид	3714,40	3145,50	186	4937,0	123 575,0	1,00
23	Азокрасители (52 марки)	3813,39	30 150,00	142	6289,0	170 457,0	7,27
24	Димитилтерефталат	6308,11	15027,00	237	5579,0	169 440,0	60,00
25	Ортонитроанилин	2041,03	1820,30	73	2119,0	54 639,0	2,90

26	3-фенолметановые красители	2270,53	1728,19	74	3542,0	71 890,0	0,36
27	Азоамины	412,26	175,50	97	2000,0	29 530,0	1,55
28	Сернистые цветные красители	652,44	631,77	60	966,2	26 184,0	1,32

Методика автоматизированного решения задачи выбора варианта технологических процессов получения целевой продукции и района размещения проектируемых ПХП основана на идее обобщения информации обо всех выполненных ранее проектах того же класса производств и построении функциональных зависимостей затрат на капитальное строительство, эксплуатацию, технико-экономических показателей производств от их мощности и варианта технологических процессов получения целевой продукции. Фрагмент такой базы данных приведен в табл. 3.1. Если для проектируемого производства нет прямого аналога, то прототип для него назначается по усмотрению экспертов-проектировщиков. Ниже рассмотрены вопросы построения экономико-математической модели реализации альтернативных вариантов технологических процессов ПХП в зависимости от района размещения.

Для оценки значений экономических показателей ПХП (составляющих критерия F) разработана экономико-математическая модель реализации вариантов технологических процессов получения готовой продукции ПХП, представляющая собой основные статьи затрат на капитальное строительство, эксплуатацию и технико-экономические показатели.

В общем виде экономико-математическую модель представим в виде системы нелинейных алгебраических уравнений:

$$Zk_w^1 = f_1(a_{1w}, \dots, a_{tw}, \dots, a_{K^1w}); \quad (3.7)$$

$$Zk_{iw}^2 = f_2(b_{1iw}, \dots, b_{siw}, \dots, b_{K^2iw}); \quad (3.8)$$

$$Ze_w^1 = f_3(d_{1w}, \dots, d_{qw}, \dots, d_{\Pi^1w}); \quad (3.9)$$

$$Ze_{iw}^2 = f_4(v_{1iw}, \dots, v_{jiw}, \dots, v_{\Pi^2iw}); \quad (3.10)$$

$$\bar{S}_w = f_5(\tilde{l}_{ij}, \tilde{v}, \hat{v}_w, \tilde{s}_w, \hat{s}); \quad (3.11)$$

$$\bar{S}'_w = f'_5(\tilde{l}', \tilde{v}', \hat{v}'_w, \tilde{s}'_w, \hat{s}'); \quad (3.12)$$

$$\bar{Z}q_{iwk} = f_6(Zq_{iwk}^1, Zq_{iwk}^2); \quad (3.13)$$

$$c_{ivp}^k = f_7(\tilde{m}_{wp}^k, r_i); \quad (3.14)$$

где a_{tw} – затраты на объекты основных ПХП для w -го варианта технологических процессов основных производств, $t = \overline{1, K^1}$, $w = \overline{1, W_{oc}}$; b_{siw} – затраты на подготовку территории строительства, жилищно-бытовое строительство в зависимости от района строительства и т.п., $s = \overline{1, K^2}$; d_{qw} – стоимость сырья, энергетики, зарплата основных производственных рабочих, цеховые и общезаводские расходы и т.п., $q = \overline{1, \Pi^1}$; v_{jw} – стоимость обогрева зданий, коэффициенты удорожания и надбавки к заработной плате в i -й точке строительства, $j = \overline{1, \Pi^2}$; \tilde{l}_{ij} – расстояние от точки i до точки j , $i = \overline{1, P}$, $j = \overline{1, N}$; \tilde{v} – вид транспорта, используемого для перевозки продукции (железнодорожный, автомобильный и т.п.); \hat{v}_w – вид тары, используемой для перевозки продукции (бочки, ящики, барабаны, цистерны и т.п.); \tilde{s}_w – оптовая цена продукции; \hat{s}_w – тарифы на перевозку продукции; $\tilde{l}', \tilde{v}', \hat{v}'_w, \tilde{s}'_w, \hat{s}'$ – аналогичные параметры для сырья; Zq_{iwk}^1, Zq_{iwk}^2 – соответственно затраты на капитальное строительство и эксплуатацию сооружений, обезвреживающих отходы основных ПХП, выбрасываемые в k -й компонент окружающей среды, $k = \overline{1, K}$; \tilde{m}_{wp}^k – приведенная масса p -го вредного вещества, выбрасываемого в k -й компонент окружающей среды w -м вариантом технологических процессов основных ПХП, $p = \overline{1, P'}$. Конкретные виды зависимостей уравнений математической модели приведены в работе [52].

Анализируя описание математической модели (3.7) – (3.14), можно сделать вывод, что определение значительного числа параметров модели представляет трудность из-за отсутствия информации, необходимой на данном этапе анализа инвестиционного проекта. Поэтому в работе предлагается осуществить их поиск на основе анализа характеристик действующих производств, выпускающих аналогичную или близкую по характеристикам продукцию. Среди характеристик производств-аналогов будем рассматривать стоимость строительно-монтажных работ; стоимость оборудования; количество работающих; площадь, занимаемую производством; строительный объем; мощность производства; высоту трубы – источника выбросов вредных веществ и др.

Для группы аналогов \tilde{W}^{t_1} t_1 -го основного проектируемого производства w -го варианта технологических процессов ПХП ($t_1 = \overline{1, K^{11}}$, $w = \overline{1, \tilde{W}^{t_1}}$) путем аппроксимации определяются конкретные виды полиномиальных зависимостей характеристик проектируемого производства от мощности [51, 62].

Характеристики объектов вспомогательного назначения и других служб находятся по известным функциональным зависимостям от соответствующих характеристик основных производств.

Такой прием, с достаточной для практики точностью, позволяет довольно быстро получить решение задачи, но требует при этом создания специального банка аналогов.

Исходные данные, необходимые для определения степени загрязнения окружающей среды, берутся из технологических регламентов предлагаемых вариантов технологических процессов ПХП. В противном случае может быть использована информация производств-аналогов.

Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды является комплексной величиной и определяется как сумма ущербов, наносимых отдельным видам реципиентов в пределах загрязненной зоны. Величина экономического ущерба рассчитывается по методике, приведенной в работе [53].

Как правило, число предприятий P , на территории которых возможно размещение ПХП, не превышает 10 – 15, число вариантов технологических процессов t_1 -го проектируемого основного производства \tilde{W}^{t_1} : 2 – 3, тогда возможных вариантов $W^1 = (20 \dots 45) k^{11}$, где k^{11} – число основных ПХП. В связи с этим для решения поставленной задачи использован метод полного перебора, который позволит отранжировать варианты инвестиционного проекта в порядке возрастания затрат.

3.1.2. ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЕВОЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Для упрощения изложения методики при определении затрат, связанных с изготовлением каждой d -й детали, входящей в состав изделия (изготавливаемого из различных марок металлов) D , на каждом z -м заводе из множества возможных Mz , в обозначениях всей необходимой для этого информации опустим соответствующие индексы.

Постановка задачи оценки затрат на проведение технологических процессов изготовления детали из металла может быть сформулирована следующим образом. Для конструируемой детали с заданными геометрическими размерами L и весом G , эксплуатационными свойствами и прочностными характеристиками Xu_{\lim}^d на множестве $W = M \times T \times Z \times O_m \times O_u \times O_z \times P_m \times P_u \times P_z \times V_m \times V_u \times V_z$ необходимо найти такой вариант $w^* \in W$, для которого сумма производственных затрат имеет минимальное значение. Множество W представляет собой декартово произведение множеств: допустимых видов материалов, используемых для изготовления детали M ; видов упрочняющей обработки, обеспечивающих заданные показатели качества изделия T ; видов заготовок Z ; допустимых наборов оборудования для проведения механической O_m , упрочняющей обработок O_u и для выбранных способов получения заготовок O_z ; соответствующих каждому виду обработки приспособлений P_m , P_u и P_z , видов вспомогательных материалов V_m , V_u и V_z [49].

Данная задача также относится к классу комбинаторных задач. Из-за высокой размерности задачи и традиций организации труда на машиностроительном предприятии она разбивается на подзадачи:

- 1 – оценка затрат при выборе вида (марки) металла и вида упрочняющей обработки поверхностей детали, а также способа получения и вида заготовки в зависимости от выбранного вида упрочняющей обработки;
- 2 – оценка затрат при выборе технологического процесса, оборудования, приспособлений, вспомогательных материалов и режимных параметров механообработки;
- 3 – оценка затрат при выборе технологического процесса, оборудования, приспособлений, вспомогательных материалов и режимных параметров определенного ранее вида упрочняющей обработки.

С одной стороны, задача 1 является основной из рассматриваемых трех задач, так как позволяет получить на основе укрупненных оценок одну или несколько марок металла с соответствующим видом ее упрочнения, а также способом получения и видом заготовки. С другой стороны, без детального рассмотрения технологических процессов механической и упрочняющей обработок детали нельзя достоверно оценить все затраты, связанные с ее изготовлением. Реализация задач 2 и 3 осуществляется в зависимости от требований инвесторов. Так как математические постановки задач 2 и 3 близки по своему содержанию, то для изложения методики считаем достаточным приведение одной из них, например, задачи 3.

Математическая постановка задачи 1. Для конструируемой детали с заданными геометрическими размерами L и весом G , а также условиями эксплуатации U^d , серийностью производства Sp^d и категорией значимости (степенью ответственности) Kz на множестве $W_1 = M^d \times Tu^d \times Z^d \times P_z^d \times V_z^d \times V_u^d$ найти такой вариант $w_1^* \in W_1$, для которого стоимость получения заготовки из выбранной марки стали с соответствующей упрочняющей обработкой имеет минимальное значение. Множество W_1 представляет собой декартово произведение подмножеств допустимых видов: материалов, используемых для изготовления детали M^d ; упрочняющей обработки, обеспечивающих заданные показатели качества изделия Tu^d ; заготовок Z^d ; способов получения заготовок P_z^d , вспомогательных материалов для проведения методов получения заготовок V_z^d и упрочняющей обработки V_u^d .

В формализованном виде задача заключается в поиске минимума целевой функции

$$F_1^{\text{opt}} = \min_{W_1} ((S_M + S_{TZ} + S_{VS} + S_{OB})K_{SS} + S_{TR}) \quad (3.15)$$

при выполнении ограничений для эксплуатационных свойств и прочностных характеристик изделия:

$$Xu^d \geq Xu_{\lim}^d, \quad (3.16)$$

$$L' \leq L, \quad (3.17)$$

уравнений связи:

$$\bar{\Phi}(M^d, Tu^d, Z, V_z^d) = 0; \quad (3.18)$$

$$\bar{\psi} (M^d, Tu^d, Z, V_u) = 0, \quad (3.19)$$

представляющих упрощенные математические модели технологических процессов получения заготовки (литья, штамповки и т.д.) и упрочняющей обработки. Здесь S_M – стоимость материала, используемого для изготовления детали; S_{TZ} – трудозатраты; S_{VS} – стоимость вспомогательных материалов; S_{OB} – стоимость обработки (снятие технологических прибылей); K_{SS} – коэффициент, учитывающий срок службы детали; S_{TR} – транспортные расходы на доставку металла от поставщика на склад предприятия.

Стоимость материала, потраченного на изготовление заготовки, рассчитывается по формуле:

$$S_M = K_c G s_M, \quad (3.20)$$

где K_c – коэффициент, учитывающий способ получения заготовки [22]; G – чистовой вес детали; s_M – стоимость 1 кг материала.

Стоимость трудозатрат оценивается по формуле:

$$S_{TZ} = t_{m1} K_{p1}, \quad (3.21)$$

где t_{m1} – технологическое время процесса получения заготовки [83]; K_{p1} – стоимость разряда работы [23].

Затраты на вспомогательные материалы рассчитываются как

$$S_{VS} = K_c G s_{VS}, \quad (3.22)$$

где K_c – коэффициент, учитывающий вид технологии изготовления заготовки [22]; G – чистовой вес детали; s_{VS} – стоимость 1 кг вспомогательного материала.

Стоимость обработки заготовки:

$$S_{OB} = t_{m3} K_{p2}, \quad (3.23)$$

где $t_{m3}(G, L)$ – время на удаление технологических прибылей [83]; K_{p2} – стоимость разряда работы [23].

Коэффициент, учитывающий срок службы детали, можно посчитать как

$$K_{SS} = \frac{T_I}{T_D}, \quad (3.24)$$

$$T_D = \frac{L' \rho \cdot 365}{f \cdot 10^{-3}}, \quad (3.25)$$

где T_I – срок службы изделия, в которое входит изготавливаемая деталь; T_D – срок службы изготавливаемой детали; f – потери в весе [27]; ρ – плотность стали [27]; L' – поле допуска для заданных геометрических размеров должно удовлетворять ограничению (3.17).

Сумма, потраченная на доставку металла от поставщика на склад предприятия:

$$S_{TR} = s_{TR} k_{SER} k_{min} r, \quad (3.26)$$

где s_{TR} – транспортные тарифы на доставку минимальной партии металла; k_{SER} – коэффициент, учитывающий серийность детали; k_{min} – коэффициент, учитывающий размер партии металла; r – расстояние до поставщика металла.

Для каждого конкретного способа получения заготовки (литья, проката, поковки и т.д.) зависимости, по которым определяется стоимость, имеют следующий вид.

1. Заготовки, получаемые литьем:

$$S^L = S_L + S_{TO}, \quad (3.27)$$

где S_L и S_{TO} – соответственно стоимость литья и предварительной термообработки;

$$S_L = S_M + S_{TZ} + S_{VS} + S_{OB}, \quad (3.28)$$

$$S_{TO} = (S_{TZ} + S_{VS}) K_{WW}, \quad (3.29)$$

где S_M – стоимость материала, используемого для изготовления детали; S_{TZ} – трудозатраты; S_{VS} – стоимость вспомогательных материалов и S_{OB} – стоимость обработки, соответственно рассчитываются по формулам (3.20) – (3.23); K_{WW} – коэффициент, учитывающий затраты, связанные с обезвреживанием газовых выбросов, для каждого вида химико-термической обработки.

2. Заготовки, получаемые прокатом:

$$S^{PR} = S_{PR} + S_{TO}, \quad (3.30)$$

где S_{PR} и S_{TO} – соответственно стоимость проката и стоимость предварительной термообработки;

$$S_{PR} = S_M + S_{TZ} + S_{VS}, \quad (3.31)$$

где S_M , S_{TZ} , S_{VS} и S_{TO} соответственно рассчитываются по формулам (3.20) – (3.22), (3.29).

3. Заготовки, получаемые ковкой:

$$S^K = S_{PR} + S_K + S_{OB} + S_{TO}, \quad (3.32)$$

$$S_K = S_{TZ}, \quad (3.33)$$

где S_{PR} – стоимость проката; S_K – стоимостьковки; S_{OB} – стоимость затрат на удаление технологических прибылей; S_{TO} – стоимость предварительной термообработки; соответственно рассчитываются по формулам (3.31), (3.33), (3.23), (3.29).

Математическая постановка задачи 3. Для конструируемой детали с заданными геометрическими размерами L и весом G , серийностью производства Sp^d , а также выбранным видом упрочняющей обработки $tu^d \in Tu^d$ и маркой материала m^d на множестве $W_3 = Tp^d \times O_u^d \times P_u^d \times V_u^d$ найти такой вариант $w_3^* \in W_3$, для которого стоимость упрочняющей обработки имеет минимальное значение. Множество W_3 представляет собой декартово произведение подмножеств технологических процессов Tp^d для выбранного вида упрочняющей обработки tu^d , допустимых наборов оборудования O_u^d и приспособлений P_u^d и видов вспомогательных материалов V_u^d .

В большинстве работ используется экономический критерий, однако, наряду с экономическими показателями не менее важными являются другие количественные и качественные показатели, наиболее важные из которых – оценка варианта $w_3^* \in W_3$ на процент брака при изготовлении машиностроительных деталей и технологичность совокупности процессов их изготовления. Поэтому в данной работе задача 3 является многокритериальной задачей.

Единый интегральный критерий F_3^{opt} , представляющий собой сумму взвешенных относительных потерь, который необходимо минимизировать, можно записать как [57]

$$F_3^{opt}(\alpha) = \sum_{i=1}^3 \rho_i \omega_3^i(\alpha) = \rho_1 \omega_3^1(\alpha) + \rho_2 \omega_3^2(\alpha) + \rho_3 \omega_3^3(\alpha), \quad (3.34)$$

где ρ_1, ρ_2, ρ_3 – весовые коэффициенты,

$$\rho = \{\rho_i\} = \{\rho_i : \rho_i > 0 \quad i = 1, \dots, 3, \quad \sum_{i=1}^3 \rho_i = 1\}; \quad (3.35)$$

$\rho_i \omega_3^i(\alpha)$ – взвешенные потери по i -му критерию; $\omega_3^i(\alpha) = \omega_3^i(F_3^i(\alpha))$, $i = 1, \dots, 3$, $\alpha \in W_3$ – монотонные функции, преобразующие каждую функцию цели $F_3^i(\alpha)$, $i = 1, \dots, 3$, $\alpha \in W_3$ к безразмерному виду.

$F_3^1(\alpha)$ – экономический критерий, включающий в себя трудозатраты, стоимости вспомогательных материалов и материалов, затраченных на изготовление приспособлений, стоимости электроэнергии и ущерба, наносимого окружающей среде выбросами загрязнений в атмосферный воздух; $F_3^2(\alpha)$ – оценка процента брака деталей; $F_3^3(\alpha)$ – критерий технологичности совокупности процессов упрочняющей обработки, причем функции цели $F_3^1(\alpha)$ и $F_3^2(\alpha)$ минимизируются, а $F_3^3(\alpha)$ – максимизируется.

Экономический критерий

$$F_3^1(\alpha) = \min_{W_3} (S_{TZ} + S_{VS} + S_{PR} + S_{EN} + S_{WW}). \quad (3.36)$$

При нахождении минимума затрат должны выполняться ограничения: для технологического процесса на температурный режим

$$t_{ope}^{\min} \leq t_{ope} \leq t_{ope}^{\max}, \quad ope \in Op^d; \quad (3.37)$$

для материала детали на глубину слоя химико-термической обработки

$$h_{m^d}^{\min} \leq h_{ope} \leq h_{m^d}^{\max}, \quad m^d \in M^d; \quad (3.38)$$

для материала детали на твердость

$$HRC_{\Delta m^d}^{\min} \leq HRC_{\Delta ope} \leq HRC_{\Delta m^d}^{\max}, \quad m^d \in M^d; \quad (3.39)$$

для оборудования на габаритные размеры упрочняемой детали

$$L_{o_{us}}^{\min} \leq L \leq L_{o_{us}}^{\max}, \quad o_{us} \in O_u^d; \quad (3.40)$$

для приспособления на вес упрочняемой детали

$$G \leq G_{p_{us1}}^{\max}, \quad p_{us1} \in P_u^d; \quad (3.41)$$

а также уравнения связи

$$\bar{\Psi}(G, L, m, tu, O_u, P_u, V_u) = 0, \quad (3.42)$$

представляющие математические модели технологических процессов выбранного вида упрочняющей обработки $tu^d \in Tu^d$.

Здесь S_{TZ} – трудозатраты; S_{VS} – стоимость вспомогательных материалов; S_{PR} – стоимость материалов, затраченных на изготовление приспособлений; S_{EL} – стоимость электроэнергии; S_{WW} – стоимость ущерба, наносимого окружающей среде выбросами загрязнений в атмосферный воздух.

Стоимость трудозатрат оценивается по формуле:

$$S_{TZ} = \frac{t_m}{n} K_p, \quad (3.43)$$

где t_m – длительность технологической операции процесса упрочняющей обработки [83]; K_p – стоимость разряда работы [23]; n – количество одновременно обрабатываемых деталей [83].

$$t_m = t_{vsp} + t_{dop} + t_{osn}, \quad (3.44)$$

где $t_{vsp}(G, L)$ – время, затрачиваемое на вспомогательные операции [83]; t_{dop} – время, затрачиваемое на дополнительные операции [83]; t_{osn} – основное время, затрачиваемое на проведение технологического процесса (нагрев, выдержка и охлаждение изделий) [83].

$$t_{osn} = t_{nag} + t_{vid} + t_{ohl}, \quad (3.45)$$

где t_{nag} – продолжительность сквозного прогрева детали до заданной температуры (определяется формой и размером изделий, их расположением, типом печи, составом и свойствами стали и т.д.); t_{vid} – продолжительность изотермической выдержки детали при заданной температуре (не зависит от формы и размера изделия и определяется только составом и исходным состоянием стали); t_{ohl} – продолжительность охлаждения детали до температуры окружающей среды.

Для практического определения продолжительности нагрева стальных изделий сложной формы t_{nag} при всестороннем нагреве используют формулу, предложенную Е.А. Смольниковым [83]:

$$t_{nag} = K_1 \frac{V}{F} K_F K_K, \quad (3.46)$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от состава и физических свойств нагреваемой стали, температуры и способа нагрева [83]; $\frac{V}{F}$ – характеристический размер, представляющий собой отношение объема нагреваемого тела V к его поверхности [83]; K_F – критерий формы [83]; K_K – коэффициент конфигурации нагреваемого изделия, величина которого для инструментов различного типа находится в пределах от 0,46...0,65 (круглые плашки, червячные, резьбовые насадные и торцовые насадные фрезы) до 0,85...1,0 (резьбонакатные ролики, ножи, плоские плашки, цилиндрические фрезы и все "гладкие тела", не имеющие канавок).

Продолжительность изотермической выдержки детали t_{vid} должна быть минимальной, но обеспечивать завершение фазовых превращений в стали и необходимую концентрацию углерода и легирующих элементов в аустените.

Затраты на вспомогательные материалы рассчитываются как

$$S_{VS} = \frac{\sum_{i=1}^{S_2} G_{VS_i} S_{VS_i}}{n}, \quad (3.47)$$

где G_{VS} – вес вспомогательного материала; S_{VS} – стоимость 1 кг вспомогательного материала; n – количество одновременно обрабатываемых деталей [83].

Сумма, затраченная на изготовление приспособления

$$S_{PR} = \frac{\left(\sum_{i=1}^C G_{PR_i} S_{PR_i} \right) t_{osn}}{n K_{SS}}, \quad (3.48)$$

где G_{PR} – вес материала, используемого при изготовлении приспособления; S_{PR} – стоимость 1 кг материала, необходимого для изготовления; t_{osn} – основное время, затрачиваемое на проведение технологического процесса, определяется по формуле (3.31); n – количество одновременно обрабатываемых деталей [83]; K_{SS} – срок службы приспособления.

Стоимость энергетических затрат

$$S_{EN} = \frac{t_{osn} N}{n} S_{EN}, \quad (3.49)$$

где t_{osn} – основное время, затрачиваемое на проведение технологического процесса, определяется по формуле (3.45); N – мощность оборудования (печи); n – количество одновременно обрабатываемых деталей [83]; S_{EN} – стоимость 1 единицы энергии.

Величина экономического ущерба, причиненного выбросами загрязнения в атмосферный воздух, определяется в соответствии с типовой методикой [28].

При проведении технологических процессов химико-термической обработки, таких как цементация, азотирование, нитроцементация, борирование и др., в окружающую среду выделяются следующие вредные вещества: окись углерода, двуокись углерода, сажа, окислы азота, аммиак, хлороводород, тетраборат натрия и др.

Как было отмечено выше, в качестве технологических показателей основного машиностроительного производства приняты: процент брака при изготовлении детали и технологичность совокупности процессов изготовления детали.

Оценка процента брака при изготовлении деталей. Из-за несовершенства технологии производства брак является неотъемлемой составляющей, которую стремятся свести к минимуму. В данной работе при поиске $w_3^* \in W_3$ учет процента брака производится по следующей формуле

$$F_3^2(\alpha) = \min_{W_3} \prod_{j=1}^{E_{пу}} Br_j, \quad (3.50)$$

где Br_j – процент брака, имеющий место при изготовлении деталей, с учетом: вида технологической операции и оборудования с соответствующим приспособлением.

При поиске минимума данного критерия должны быть соблюдены ограничения (3.37) – (3.41) и выполнены уравнения связи (3.42).

Критерий технологичности совокупности процессов упрочняющей обработки. Технологичность процесса – совокупность свойств процесса, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени.

$$F_3^3(\alpha) = \max_{W_3} \prod_{j=1}^{E_{пу}} Te_j, \quad (3.51)$$

где Te_j – технологичность j -го процесса упрочняющей обработки с учетом: вида технологической операции и оборудования с соответствующим приспособлением.

При поиске минимума этого критерия должны быть также соблюдены ограничения (3.37) – (3.41) и выполнены уравнения связи (3.42).

Поскольку размерность множеств W_i , $i = 1, \dots, 3$, конечна ($< 10\,000$ вариантов), то, учитывая высокое быстродействие современных ПЭВМ, решение задач сводится к последовательному перебору всех вариантов допустимых марок металлов, способов получения заготовок, видов упрочняющей обработки и видов возможных заготовок, которые можно использовать для изготовления детали, в задаче 1, а также допустимых технологических процессов упрочняющей/механической обработки, наборов оборудования на каждом предприятии, приспособлений и видов вспомогательных материалов, которые можно использовать для изготовления детали, в задачах 2 и 3 и выбору такой их комбинации, где критерии достигают оптимальных значений при условии выполнения всех ограничений.

Формирование множеств W_i , $i = 1, \dots, 3$, осуществляется с использованием информационной базы знаний, включающей в себя реляционную базу машиностроительных данных и базу правил, регламентирующих выбор его элементов. База данных содержит информацию марочника сталей, сведения о способах получения заготовки, стойкости материала, условиях эксплуатации, данные о конструируемой детали, классификации деталей машиностроения и др. База правил сформирована по принципу: если условие ..., то следствие ...

При разработке программного обеспечения решения задачи 1 для лица, принимающего решение (ЛПР), предусмотрена возможность оставить для дальнейшего рассмотрения и варианты решения, для которых значения критерия F_1 удовлетворяют условию:

$$F_1^o \tilde{k}_1 \leq F_1^{\text{opt}}, \quad \tilde{k}_1 < 1, \quad o = 1, \overline{\tilde{O}_1}, \quad (3.52)$$

где \tilde{k}_1 – коэффициент, расширяющий множество решений задачи, используемых при дальнейшем рассмотрении (задается ЛПР); F_1^o – значение критерия задачи для o -го варианта решения; \tilde{O}_1 – множество допустимых решений. Это обусловлено тем, что при решении задачи используется укрупненная оценка затрат и времени на изготовление детали (ее партии), которые уточняются при детальном рассмотрении технологических процессов механической и упрочняющей обработок.

При решении задачи 1, используя критерий F_1 (3.15), включающий в себя трудозатраты, стоимости вспомогательных материалов и материалов, затраченных на изготовление конструируемой детали, стоимость обработки (снятие технологических прибылей) и транспортные расходы на доставку металла от поставщика на склад предприятия, получаем \tilde{O}_1 вариантов ее решения, для которых значения критерия F_1 удовлетворяют условию (3.52).

Компонентами каждого варианта являются: материал, используемый для изготовления детали, способ получения и вид заготовки, а также вид упрочняющей обработки, обеспечивающий заданные показатели качества изделия.

Для каждого o_{1i} -го варианта решения задачи 1 решается сначала задача 2, а потом задача 3. При их решении, используя обобщенные критерии, получаем варианты со следующими составляющими: вид технологического процесса с соответствующим набором оборудования, приспособлений и видом вспомогательных материалов.

Для того, чтобы окончательно выбрать оптимальный вариант решения общей задачи, необходимо посчитать комплексный критерий

$$F = \min_{W_{O_1}} (S_{mw} + S_{rw} + S_{ew} + S_{zw} + S_{aw} + S_{ww}),$$

где S_{mw} , S_{rw} , S_{ew} , S_{zw} , S_{aw} , S_{ww} – соответственно стоимость материала, трудозатраты, затраты на энергетику, амортизацию и расход вспомогательных материалов на проведение w -го варианта разработки и изготовления изделия, а также стоимость ущерба, наносимого окружающей среде выбросами загрязнений в атмосферный воздух, минимальное значение которого позволит получить: материал, используемый для изготовления детали, способ получения и вид заготовки, виды технологи-

ческих процессов механической и упрочняющей обработок с соответствующими наборами оборудования, приспособлений и видом вспомогательных материалов.

Таким образом можно оценить затраты на изготовление всего изделия на каждом предприятии из множества возможных с учетом имеющегося парка оборудования, экологической обстановки района размещения предприятия, а также технологические показатели промышленного производства. Следует отметить, что реализация предложенного подхода не возможна без использования программного обеспечения и информационной базы, содержащей всю необходимую информацию по каждому предприятию из множества возможных Mz .

3.2. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

В соответствии с природоохранным законодательством Российской Федерации нормирование качества окружающей природной среды производится с целью установления предельно допустимых норм воздействия, гарантирующих экологическую безопасность населения, сохранение генофонда, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности [86]. В связи с этим при оценке качества инвестиционного проекта промышленного производства необходимо оценить его воздействие на окружающую среду и выработать мероприятия, направленные на ее сохранение.

Для принятия эффективных решений по природоохранным мероприятиям рассмотрим подход, позволяющий, с одной стороны, в автоматизированном режиме выбрать оптимальный вариант схемного решения систем обезвреживания газовых выбросов и сточных вод; с другой стороны, сделать вывод об эффективности этих мероприятий.

Задача выбора технологических схем систем очистки газовых выбросов и сточных вод из множества вариантов на основании математических критериев оптимальности до настоящего момента решалась редко вследствие сложности накладываемых на системы условий, а также большого количества критериев оценки. Наиболее прогрессивным методом решения этой задачи является применение экспертных систем. Чтобы среди множества вариантов структуры процесса выбрать оптимальную систему, необходимо четко определить критерии оценки. У систем очистки газовых выбросов и сточных вод имеется множество критериев оценки, которые объединены в 3 большие группы: "затраты", "надежность", "безопасность". В таком случае рекомендуется использовать комплексную оценку, предполагающую распределение весов между этими суммирующими группами с учетом конкретных условий. Если при составлении целостной системы из отдельных стадий перечислить все их сочетания и исследовать возможность их реализации, то количество сочетаний будет велико, что может повлиять на эффективность экспертной системы. В связи с этим используются оценки специалистов, которые из множества вариантов определяют наиболее приемлемые (например, вариант системы, который уже проектировался на практике и положительно себя зарекомендовал).

Экспертные системы обладают следующим рядом преимуществ:

– модульностью и простотой, т.е. при изменении или дополнении правил, а также при использовании нового оборудования эти правила и оборудование вносятся в базу знаний без изменения всей структуры автоматизированного выбора в целом;

– реалистичностью, так как многие математические модели слишком сложны и абстрактны и не редко вносят в системы ряд упрощений, здесь же используются практические наработки специалистов в данной области.

На рис. 3.1 в качестве примера приведен фрагмент схемы переработки и обезвреживания газообразных выбросов, содержащих неорганические соединения, а на рис 3.2 показана схема переработки и обезвреживания сточных вод, содержащих органические соединения. Структура известных процессов очистки газовых выбросов и сточных вод выбрана на основе опыта, накопленного за долгие годы на множестве объектов.

Исходя из вышеизложенного, предлагается следующая постановка задачи формирования варианта структуры технологической схемы (СТС), в состав которой должны войти все необходимые технологические стадии: нужно найти последовательность элементарных операций процесса очистки воздуха (сточных вод) от вредных примесей до концентраций $\bar{C}_{\text{вых}}$ таких, что при выполнении условий:

$$\bar{C}_{\text{вых}} + \bar{C}_{\text{фон}} \leq \bar{C}^{\text{lim}} \quad (3.53)$$

справедливо следующее:

$$t_{\text{opt}} = \arg \min_{t \in T} F_1(t), \quad (3.54)$$

где T – множество возможных вариантов СТС процессов очистки; $\bar{C}_{\text{вых}}$, $\bar{C}_{\text{фон}}$, \bar{C}^{lim} – соответственно совокупности концентраций вредных примесей на выходе системы очистки, а также их фоновых и предельно допустимых значений.

В связи с тем, что предлагается использовать многокритериальный выбор оптимального варианта СТС системы очистки, необходимо решить вопрос о выборе методов нормализации множества критериев и их ранжирования; а также метода многокритериального выбора [1, 24, 60].

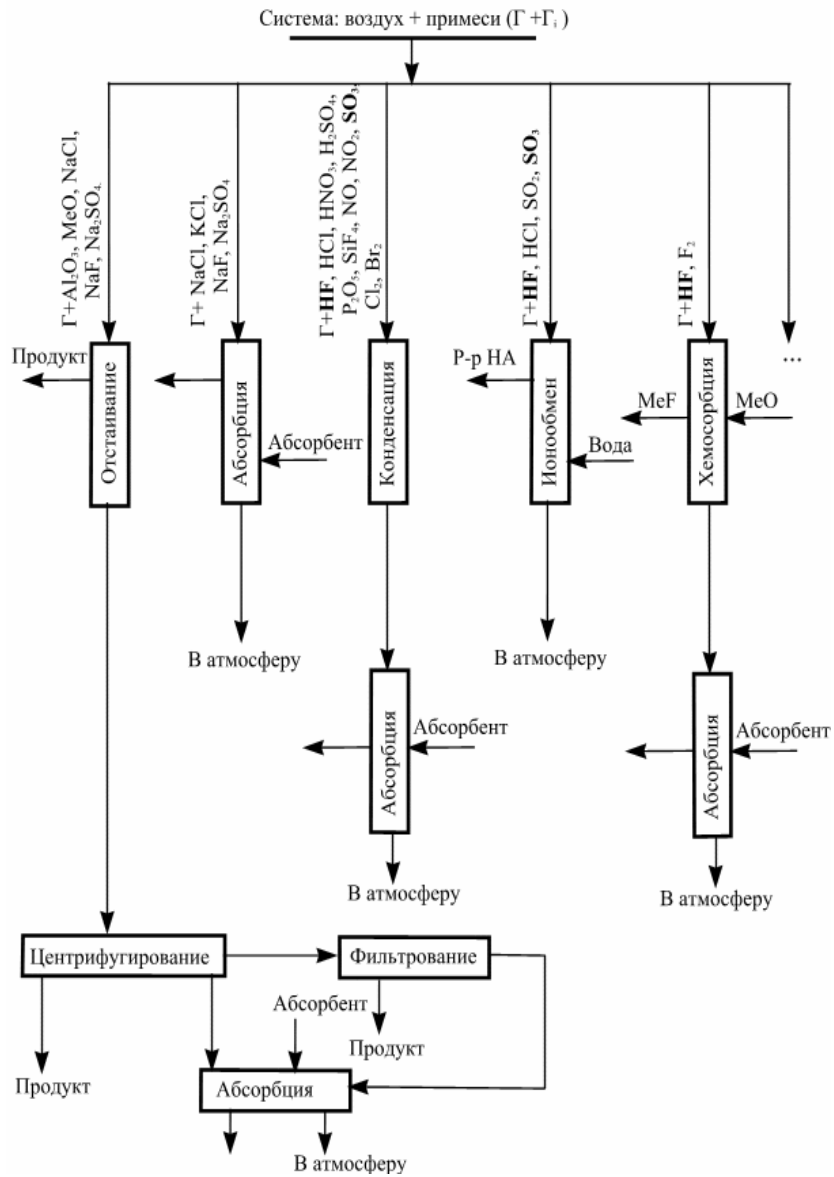


Рис. 3.1. Схема переработки и обезвреживания газообразных выбросов, содержащих неорганические соединения:

Me – ионы металлов; Γ_i – неорганические соединения в виде паров или аэрозолей; A – анионы

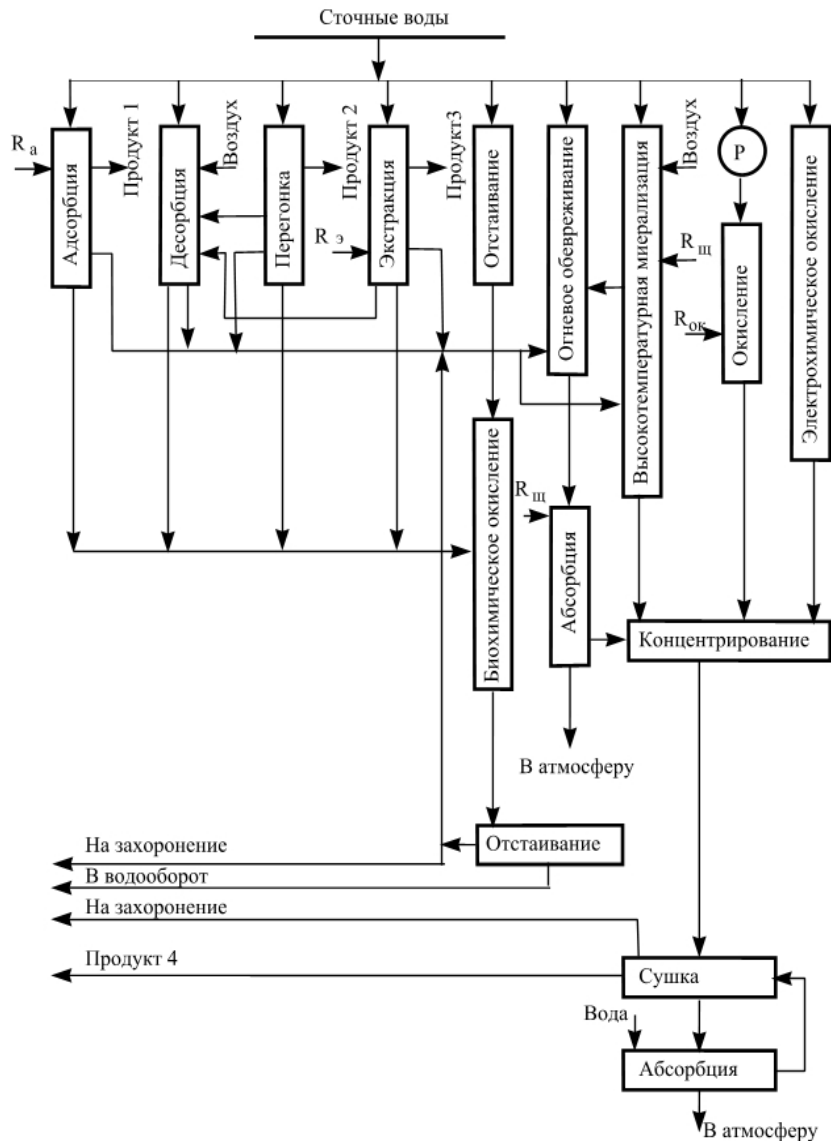


Рис. 3.2. Схема переработки и обезвреживания сточных вод, содержащих органические соединения:

R_a – адсорбент; $R_э$ – экстрагент; $R_{ок}$ – окислители;
 $R_{щ}$ – реагент щелочь; P – радиационное окисление.

Продукты 1–4 – полезные компоненты, извлеченные из сточной воды

В данной работе критерий оптимальности F_1 представляет собой сумму взвешенных относительных потерь критериев: приведенных затрат на реализацию совокупности стадий очистки; надежности функционирования системы очистки; технологичности и безопасности процессов очистки.

Интегральный критерий F_1 можно записать как

$$F_v(t) = \sum_{i=1}^4 \rho_i \omega_v^i(t), \quad (3.55)$$

где $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$ – весовые коэффициенты,

$$\rho = \{\rho_i\} = \left\{ \rho_i : \rho_i > 0, \quad i = 1, \dots, 4, \quad \sum_{i=1}^4 \rho_i = 1 \right\}; \quad (3.56)$$

Рис.3.2 взвешенные потери по i -му критерию; $\omega_v^i(t) = \omega_v^i(F_1^i(t))$, $i = 1, \dots, 4$, $t \in T$ – монотонные функции, преобразующие функцию цели $F_v^i(t)$, $i = 1, \dots, 4$, $t \in T$ к безразмерному виду; $F_v^1(t)$ – экономический критерий, включающий в себя укрупненные приведенные затраты на реализацию системы очистки; $F_v^2(t)$ – оценка надежности функционирования системы очистки; $F_v^3(t)$, $F_v^4(t)$ – соответственно критерии технологичности и безопасности проведения совокупности процессов очистки. Причем для функции цели $F_v^1(t)$ находится минимум, а для $F_v^2(t)$, $F_v^3(t)$ и $F_v^4(t)$ – максимум.

$$\omega_v^1(t) = \frac{F_v^1(t) - F_v^{10}}{F_v^{1\max} - F_v^{10}}, \quad t \in T; \quad (3.57)$$

$$\omega_v^2(t) = \frac{F_v^{2^0} - F_v^2(t)}{F_v^{2^0} - F_v^2_{\min}}, \quad t \in T; \quad (3.58)$$

$$\omega_v^3(t) = \frac{F_v^{3^0} - F_v^3(t)}{F_v^{3^0} - F_v^3_{\min}}, \quad t \in T; \quad (3.59)$$

$$\omega_v^4(t) = \frac{F_v^{4^0} - F_v^4(t)}{F_v^{4^0} - F_v^4_{\min}}, \quad t \in T, \quad (3.60)$$

где $F_v^1_{\max}$ – наибольшее значение минимизируемой функции $F_v^1(t)$, $t \in T$ на множестве допустимых альтернатив T , $F_v^2_{\min}$, $F_v^3_{\min}$, $F_v^4_{\min}$ – наименьшее значение максимизируемых функций $F_v^2(t)$, $F_v^3(t)$ и $F_v^4(t)$, $t \in T$ на множестве допустимых альтернатив T , $F_v^{1^0}$, $F_v^{2^0}$, $F_v^{3^0}$, $F_v^{4^0}$ – оптимальные значения функций цели соответственно $F_v^1(t)$, $F_v^2(t)$, $F_v^3(t)$ и $F_v^4(t)$, $t \in T$ на множестве допустимых альтернатив T . Значения $\omega_v^i(t)$, $i = 1, \dots, 4$, $t \in T$ лежат в пределах от 0 до 1.

Необходимо найти такую компромиссную альтернативу $t \in T$, которая может не являться оптимальной ни для одной функции цели $F_v^1(t)$, $F_v^2(t)$, $F_v^3(t)$ и $F_v^4(t)$, но оказаться приемлемой для интегрального критерия $F_v(t)$. Компромиссное решение в классическом варианте предполагает равенство минимально возможных взвешенных потерь $\rho_i \omega_v^i(t) = k_{0\min}$, $i = 1, \dots, 4$. Так как в данной работе при поиске оптимального решения используется метод полного перебора, то достижение равенства взвешенных потерь $\rho_i \omega_v^i(t)$ является обязательным.

Для выбора единственного решения в задаче принятия сложного решения требуется задать весовые коэффициенты ρ_i , $i = 1, \dots, 4$, удовлетворяющие соотношению (3.56) и отражающие относительную важность функций цели $F_v^1(t)$, $F_v^2(t)$, $F_v^3(t)$ и $F_v^4(t)$, $t \in T$. Наиболее эффективными подходами к определению этого предпочтения являются методы ранжирования и приписывания баллов [58] (последний применен в данной работе). Остановимся подробнее на составляющих интегрального критерия F_1 .

При формировании базы знаний о методах очистки реализация каждой стадии оценена (укрупненно) по величине приведенных затрат. Данный критерий не дает точной величины затрат, так как на данном этапе проектирования имеется лишь информация о стадиях очистки, на основании которой с помощью экспертных оценок можно приблизительно оценить стоимость реализации той или иной схемы очистки. Составляющие критерия F_1^1 для реализации процессов очистки от j -й примеси имеют вид:

$$F_{1j}^1 = \sum_{i=1}^{Nt'_j} S_{jik}(q_j) + \sum_{i=1}^{Nt'_j} S'_{jik}(q_j, m'_{jik}, t'_{jik}), \quad k \in K, \quad j \in A, \quad (3.61)$$

где $S_{jik}(q_j)$ – капитальные затраты (стоимость основного и вспомогательного оборудования), необходимые для реализации процессов очистки от j -й примеси на i -й стадии очистки с использованием k -го вида очистного оборудования; A – множество вредных примесей; K – множество видов очистного оборудования; Nt'_j – число стадий для очистки от j -й примеси; $S'_{jik}(q_j, m'_{jik}, t'_{jik})$ – эксплуатационные затраты на проведение процессов очистки от j -й примеси на i -й стадии очистки с использованием k -го вида очистного оборудования, в том числе и стоимость расходуемых материалов (сорбентов, электроэнергии и т.п.); q_j – средний массовый расход j -й примеси; m'_{jik} – расходная норма материалов, необходимых для проведения процессов очистки от j -й примеси на i -й стадии очистки с использованием k -го вида очистного оборудования; t'_{jik} – среднее время проведения процесса очистки от j -й примеси на i -й стадии очистки с использованием k -го вида очистного оборудования.

Следует отметить, что многие вредные ингредиенты, присутствующие в газовых выбросах промышленных производств, могут быть извлечены с помощью одних и тех же технологических процессов с использованием одинаковых расходных материалов. Так, в табл. 3.2 приведен фрагмент базы знаний об абсорбентах, используемых для газоочистки. В качестве примера жирным шрифтом выделены абсорбенты Na_2CO_3 и NaOH , которые используются для извлечения из воздуха многих вредных веществ.

В качестве показателей технологических процессов по обезвреживанию отходов используются: надежность оборудования для реализации совокупности процессов очистки, технологичность и безопасность совокупности процессов очистки.

Критерий надежности оборудования для реализации совокупности процессов очистки. При решении данной задачи показатель надежности определяется как свойство оборудования выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического применения, технического обслуживания и ремонтов. Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения оборудования и условий его эксплуатации может включать безотказность, ремонтпригодность и сохраняемость в отдельности или определенное сочетание этих свойств как для оборудования в целом, так и для его частей.

$$F_{1j}^2 = \max_T \prod_{i=1}^{Nt'_j} Pt_{jki}, \quad k \in K, \quad j \in A; \quad (3.62)$$

где Pt_{jki} – вероятность безотказной работы k -го вида оборудования на i -й стадии очистки j -й вредной примеси. Данные о показателях надежности для отдельных видов газоочистного оборудования приведены в табл. 3.3.

3.2. Фрагмент базы знаний об абсорбентах, используемых для очистки отходящих газов

№ п/п	Вредные ингредиенты	Абсорбенты
1	Оксиды азота N_2O_3, NO_2, N_2O_5	Вода, водные растворы и суспензии: NaOH , Na₂CO₃ , $NaHCO_3$, KOH , K_2CO_3 , $KHCO_3$, $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$, $Mg(OH)_2$, $MgCO_3$, $Ba(OH)_2$, $BaCO_3$, NH_4HCO_3
2	Оксид азота NO	Растворы: $FeCl_2$, $FeSO_4$, $Na_2S_2O_3$, $NaHCO_3$, Na_2SO_3 , $NaHSO_3$
3	Диоксид серы SO_2	Вода, водные растворы: Na_2SO_3 (18...25 %-ные), NH_4OH (5...15 %-ные), $Ca(OH)_2$, Na₂CO₃ (15...20 %-ные), NaOH (15...20 %-ные), KOH , $(NH_4)_2SO_3$ (15...20 %-ные), $ZnSO_3$, K_2CO_3 ; суспензии CaO , MgO , $CaCO_3$, ZnO , золы; ксилидин – вода в соотношении 1:1
4	Сероводород H_2S	Водный раствор $Na_2CO_3 + Na_3AsO_4$ (Na_2HASO_3); водный раствор As_2O_3 (8...10 г/л) + NH_3 (1,2...1,5 г/л) + $(NH_4)_3AsO_3$ (3,5...6 г/л); моноэтаноламин (10...15 %-ный раствор); K_3PO_4 (40...50 %-ные), NH_4OH , K_2CO_3 , Na₂CO₃ , $CaCN_2$, натриевая соль антрахинондисульфокислоты
5	Оксид углерода CO	Жидкий азот, медно-аммиачные растворы $[Cu(CH_3)]_n \times COCH$
6	Диоксид углерода CO_2	Водные растворы Na_2CO_3 , K_2CO_3 , NaOH , KOH , $Ca(OH)_2$, NH_4OH , этаноламины RNH_2 , R_2NH_4
7	Хлор Cl_2	Растворы: NaOH , KOH , $Ca(OH)_2$, Na₂CO₃ , K_2CO_3 , $MgCO_3$, $CaCO_3$, $Na_2S_2O_3$; тетрахлоридметан CCl_4
8	Хлористый водород HCl	Вода, растворы: NaOH , KOH , $Ca(OH)_2$, Na₂CO₃ , K_2CO_3
9	Соединения фтора HF, SiF_4	Вода, растворы: Na₂CO₃ , NaOH , $Ca(OH)_2$
...

3.3. Фрагмент базы данных о технологических процессах очистки воздуха от вредных примесей

№ п/п	Вредные ингредиенты	Код стадии	Наименование технологического процесса (стадии)	Предшествующая стадия	Степень очистки, %
1	Диоксид азота NO_2	1_1_1	Конденсация в прямоточном холодильнике		
		1_1_2	Абсорбция в насадочной колонне раствором NaOH	1_1_1	85
		1_2_1	Абсорбция в насадочной колонне раствором $CaCO_3$	1_1_1	94
	
2	Хлористый водород HCl	2_1_1	Конденсация в прямоточном холодильнике		
		2_1_2	Абсорбция в насадочной колонне раствором NaOH	2_1_1	95
		2_2_1	Абсорбция в насадочной колонне водой	2_1_1	95
	
3	Диоксид серы SO_2	3_1_1	Конденсация в прямоточном холодильнике		
		3_1_2	Абсорбция в насадочной колонне раствором NaOH	3_1_1	96
	

4	Сероводород H ₂ S	4_1_1	Абсорбция водным раствором Na ₂ CO ₃ + Na ₃ AsO ₄		99,5
		4_2_1	Абсорбция моноэтаноламином (10...15 %-ный раствор)		98
		4_3_1	Абсорбция метилдиэтаноламином (30...50 %-ный раствор)		99
		4_4_1	Адсорбция на угле		99
		4_5_1	Хемосорбция на Fe ₂ O ₃		99,9
	

Критерий технологичности совокупности процессов очистки. Технологичностью процесса называется удобство и легкость его осуществления, позволяющие выполнить процесс, обеспечивающий получение заданных результатов, с наименьшими затратами живого и овеществленного труда.

$$F_{1j}^3 = \max_T \prod_{i=1}^{Nt'_j} Te_{jki}, \quad k \in K, \quad j \in A, \quad (3.63)$$

где Te_{jki} – технологичность j -го процесса очистки с учетом: вида технологического процесса и оборудования с соответствующими расходными материалами. Данные о показателях технологичности проведения отдельных видов процессов газоочистки приведены в табл. 3.4.

Критерий безопасности совокупности процессов очистки газовых выбросов ПТС. В данной работе в качестве меры безопасности проведения технологических процессов очистки принимается вероятность возникновения пожара (взрыва). Этот показатель в проектируемых объектах определяют на основе показателей надежности элементов объекта, позволяющих рассчитывать вероятность производственного оборудования, систем контроля и управления, а также других устройств, составляющих объект, которые приводят к реализации различных пожаровзрывоопасных событий [21].

$$F_{1j}^4 = \max_T \prod_{i=1}^{Nt'_j} (1 - Pb_{jki}), \quad k \in K, \quad j \in A, \quad (3.64)$$

где Pb_{jki} – статистическая вероятность возникновения пожара (взрыва) k -го вида оборудования на i -й стадии очистки j -й вредной примеси. Данные о вероятности возникновения пожара (взрыва) при проведении процессов газоочистки для отдельных видов оборудования приведены в табл. 3.4.

Используя опыт, накопленный при проектировании процессов очистки [72, 48], в виде базы данных (базы знаний) и задав цель, например, качество очищенного воздуха (воды) в соответствии с принятыми нормами, при помощи механизма принятия решения можно найти сочетание стадий очистки, обеспечивающих достижение этой цели. Фрагмент примерной базы данных о технологических процессах очистки воздуха приведен в табл. 3.3, а сточных вод в табл. 3.5. В табл. 3.6 показаны зависимости концентраций примесей солей азота и фосфора от уровня качества воды.

3.4. Фрагмент базы данных качественных показателей технологических процессов очистки воздуха от вредных примесей

№ п/п	Вредные ингредиенты	Код операции	Наименование технологического процесса (операции)	Надежность оборудования, (0 – 1)	Технологичность, балл (0 – 10)	Пожаро-взрывоопасность, (0 – 1)
1	Диоксид азота NO ₂	1_1_1	Конденсация в прямоточном холодильнике	0,8	6,2	4,0·10 ⁻⁴
		1_1_2	Абсорбция в насадочной колонне раствором NaOH	0,85	7,4	3,5·10 ⁻⁴
		1_2_1	Абсорбция в насадочной колонне раствором CaCO ₃	0,87	7,0	2,6·10 ⁻⁴
	
2	Хлористый водород HCl	2_1_1	Конденсация в прямоточном холодильнике	0,8	6,2	4,0·10 ⁻⁴
		2_1_2	Абсорбция в насадочной колонне раствором NaOH	0,87	7,4	3,2·10 ⁻⁴
		2_2_1	Абсорбция в насадочной колонне водой	0,95	8,3	2,2·10 ⁻⁴
	

3_1_1	Конденсация в прямоточном холодильнике	0,8	6,2	4,0·10 ⁻⁴
3_1_2	Абсорбция в насадочной колонне раствором NaOH	0,85	7,4	4,5·10 ⁻⁴
...
4_1_1	Абсорбция водным раствором Na ₂ CO ₃ + Na ₃ AsO ₄	0,75	7,0	7,6·10 ⁻⁴
4_2_1	Абсорбция моноэтаноламином (10...15 %-ный раствор)	0,8	6,5	8,5·10 ⁻⁴
4_3_1	Абсорбция метилдиэтанолламином (30...50 %-ный раствор)	0,8	6,0	6,7·10 ⁻⁴
4_4_1	Адсорбция на угле	0,7	5,6	8,0·10 ⁻⁴
4_5_1	Хемосорбция на Fe ₂ O ₃	0,75	5,8	7,3·10 ⁻⁴
...

3.5. Фрагмент базы данных о технологических процессах очистки сточных вод от примесей азота и фосфора

Код стадии	Наименование технологического процесса (стадии)	Предшествующая стадия	Качество воды до стадии	Качество воды после стадии
aa	Предварительное усреднение			0
ab	Нагнетание воды	aa	0	0
a1	Обычное осаждение	aa	0	1
a1	Обычное осаждение	ab	0	1
a2	Осаждение с коагуляцией известью	aa	0	1
a2	Осаждение с коагуляцией известью	ab	0	1
a3	Осаждение с коагуляцией сернокислым алюминием	aa	0	1
a3	Осаждение с коагуляцией сернокислым алюминием	ab	0	1
...
b1	Капельная биофильтрация	a1	1	2
b1	Капельная биофильтрация	a3	1	3
c1	Очистка активным илом	a1	1	2
c2	Очистка активным илом	a3	1	3
t1	Очистка с помощью вращающихся дисков	a1	1	2
g1	Нитрификация	b1	2	8
g2	Нитрификация	a3	1	7
h1	Денитрификация	g1	8	13
...
j1	Хлорирование	a2	1	8
j2	Хлорирование	b1	2	13
...

3.6. Зависимости концентраций примесей от уровня качества воды

Уровень качества воды	Концентрация БПК ₅ , мг/л	Концентрация взвешенных веществ, мг/л	Концентрация общего фосфора, мг/л	Концентрация азота по Кьельдалю, мг/л	Концентрация общего азота, мг/л
0	250...280	230	11	30	30

1	70...170	30...110	2...10	30	30
2	30...40	30	8	30	30
3	15...20	15...20	2	30	30
4	10	10	1	30	30
5	10	5	1	30	30
6	5	3	< 1	30	30
7	15...25	15...25	2	1	30
8	10...15	10...15	8	1	30
9	10	5	8	1	30
10	5	3	8	1	30
...
20	5	3	< 1	< 1	1

В базе знаний собраны правила, эмпирические знания и общие данные, которыми обладают специалисты. Правила построены по типу "если...(посылка), то... (заключение)". Комбинируя несколько технологических стадий, обладающих разной эффективностью очистки, формируется целостная система. Прежде всего, выбираются осуществимые варианты структуры системы, используя информацию о степени загрязнения воздуха (воды), поступающего на каждую из технологических стадий, и о сочленяемых стадиях. Затем выбирается оптимальная система очистки на основе оценок по затратам с учетом критериев надежности, технологичности и безопасности.

Формирование множества допустимых вариантов технологических схем очистки осуществляется с использованием эвристического алгоритма. Сначала выражаем в форме правил связь между технологическими стадиями, способными обеспечить намеченные параметры чистоты воздуха (воды), связь между показателями чистоты воздуха на входе и выходе из основного оборудования стадии, связь выбранной технологической стадии с предшествующей ей стадией и другие аналогичные зависимости.

Используя эти правила, можно выбирать из базы данных (см. табл. 3.3 и 3.5) технологические стадии, способные обеспечивать целевую чистоту воздуха (воды), в направлении от начала, помещая после каждой стадии сочетаемую с ней стадию вплоть до самого конца, и составлять варианты СТС процессов очистки.

В результате выполнения вышеперечисленных действий по формированию СТС для всех примесей множества A получим множество возможных вариантов T . При этом каждая из схем способна обезвредить некоторое подмножество вредных примесей $A^i \supseteq A$.

Далее для определения СТС системы очистки из множества T нужно выбрать такую комбинацию t_{opt} , состоящую из минимального числа схем, для которых значение критерия F_1 минимально. В идеальном случае это будет единственная схема, на которой можно извлечь, например, из отходящих газов весь перечень вредных ингредиентов. Так как размерность множества комбинаций не превышает 10^4 , то, учитывая быстрдействие современных ПЭВМ, решение сводится к последовательному перебору всех возможных комбинаций схем.

3.3. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

Для вновь создаваемого промышленного производства получения продукции с заданными потребительскими качествами на множестве $W_e = M_e \times R_e \times S_e$ найти такой вариант $w_e^* \in W_e$, для которого сумма взвешенных относительных потерь отдельных критериев имеет минимальное значение. Определение варианта w_e^* осуществляется с использованием показателя:

- чистой приведенной стоимости;
- индекса рентабельности;
- дисконтированного срока окупаемости.

Множество W_e представляет собой декартово произведение множеств вариантов: условий сбыта готовой продукции M_e , схем финансирования инвестиционного проекта R_e , источников финансирования инвестиционного проекта S_e .

В формализованном виде задача заключается в поиске минимума целевой функции $\bar{F}_e(w_e)$:

$$w_e^* = \arg \min_{w_e \in W_e} \bar{F}_e(w_e), \quad (3.65)$$

при выполнении ограничений на показатели функционирования системы:

$$F_e^{ЧПС}(w_e) > F_e^{ЧПС, \text{zad}}; \quad (3.66)$$

$$F_e^{ИП}(w_e) \geq F_e^{ИП, \text{zad}}; \quad (3.67)$$

$$F_e^{\text{ДСО}}(w_e) \leq F_e^{\text{ДСО, зад}}; \quad (3.68)$$

уравнений связи, представляющих математические модели:

- формирования вариантов источников финансирования инвестиционного проекта

$$\overline{M}_1(A, PR, IC, CR) = 0, \quad (3.69)$$

- формирования вариантов условий реализации продукции, полученной в ходе осуществления проекта

$$\overline{M}_2(D, P, RC) = 0, \quad (3.70)$$

- формирования вариантов схем финансирования инвестиционного проекта

$$\overline{M}_3(TP, FC) = 0. \quad (3.71)$$

Здесь W – множество возможных вариантов синтеза притоков и оттоков денежных средств по инвестиционному проекту, $W_e = M_e \times R_e \times S_e$, M_e – множество вариантов условий сбыта готовой продукции, R_e – множество вариантов схем финансирования проекта (последовательность финансирования), S_e – множество вариантов источников финансирования инвестиционного проекта; $w_{e, \text{opt}} = \{m_{\text{opt}}; r_{\text{opt}}; s_{\text{opt}}\}$ – оптимальный вариант.

$F_e^{\text{ЧПС, зад}}$ – заданное значение по показателю ЧПС (как было отмечено в разделе 1.2, правило для принятия решения по инвестиционному проекту с использованием данного критерия таково, что для экономически эффективного проекта ЧПС > 0). Однако для инвестора не будет целесообразен для принятия вариант, значение ЧПС которого будет равным, например, 10 рублей, поэтому в качестве оптимального значения ЧПС будем принимать соответствующее масштабу инвестора приемлемое значение показателя;

$F_e^{\text{ИР, зад}}$ – заданное значение показателя ИР (как было отмечено в разделе 1.2, правило для принятия решения по инвестиционному проекту с использованием данного критерия таково, что для экономически эффективного проекта ИР > 1);

$F_e^{\text{ДСО, зад}}$ – заданное значение показателя ДСО (как было отмечено в разделе 1.2, правило для принятия решения по инвестиционному проекту с использованием данного критерия таково, что для экономически эффективного проекта расчетное ДСО меньше ДСО, ожидаемого инвестором). Чем меньше период времени, в течение которого инвестор сможет полностью возместить затраты по проекту, тем данный проект более благоприятен для него.

Модель M_1 (3.69) формирования вариантов схем финансирования инвестиционного проекта. В работе [75] определены четыре основных источника финансирования инвестиционных проектов:

- за счет амортизации (A);
- за счет прибыли (PR);
- за счет уставного капитала (IC);
- за счет кредитования (CR).

Каждой из этих схем соответствует свой определенный набор притоков и оттоков. Также существуют дополнительно две схемы финансирования, которые являются производными вышеперечисленных:

- за счет проектного финансирования, отличие которого от кредитования заключается в отсутствии залогового обеспечения, а гарантом возврата денежных средств является сам проект; при этом кредитор контролирует финансирование и дальнейшую реализацию проекта;

- за счет комбинации разных источников финансирования, включая описанные выше схемы.

Модель M_2 (3.70) формирования вариантов реализации продукции, полученной в ходе осуществления проекта:

D – объем спроса на продукцию, которая будет получена в ходе реализации проекта;

P – цена, которую готовы платить потребители за производимый товар, которая зависит от степени удовлетворенности покупателей (степень качества продукции);

RC – географические регионы размещения готовой продукции, приоритетность которых зависит от конкретных природных условий, разветвленности инфраструктуры, а также других предпосылок.

Модель M_3 (3.71) формирования вариантов этапов финансирования инвестиционного проекта.

TR – совокупность технологических особенностей процесса производства, которые могут оказать влияние на процесс финансирования проекта. Например, для закупки сырьевых материалов с небольшим сроком эксплуатации, в течение которого они сохраняют свои полезные свойства, требуются периодические затраты для обеспечения непрерывности производства, а для сырьевых материалов, подлежащих складированию, закупка может быть произведена одновременно;

FC – финансовые возможности инвестора.

В связи с тем, что предлагается использовать многокритериальный выбор экономически целесообразного варианта инвестиционного проекта, необходимо решить вопрос о выборе методов нормализации множества критериев и их ранжирования, а также метода многокритериального выбора. Критерий оптимальности $\overline{F}_e(w_e)$ представляет собой сумму взвешенных относительных потерь критериев: чистой приведенной стоимости, индекса рентабельности, дисконтированного срока окупаемости.

Интегральный критерий $\overline{F}_e(w_e)$ можно записать как

$$\overline{F}_e(w_e) = \sum_{i=1}^3 \rho_i \omega_1^i(w_e), \quad (3.72)$$

где ρ_1, ρ_2, ρ_3 – весовые коэффициенты,

$$\rho = \{\rho_i\} = \left\{ \rho_i : \rho_i > 0, i = 1, \dots, 3, \sum_{i=1}^3 \rho_i = 1 \right\}; \quad (3.73)$$

$\rho_i \omega_1^i(w_e)$ – взвешенные потери по i -му критерию; $\omega_1^i(w_e) = \omega_1^i(F_e^i(w_e))$, $i = 1, \dots, 3$, $w_e \in W_e$ – монотонные функции, преобразующие каждую функцию цели $F_e^i(w_e)$, $i = 1, \dots, 3$, $w_e \in W_e$ к безразмерному виду, $F_e^1(w_e)$ – показатель чистой приведенной стоимости; $F_e^2(w_e)$ – показатель индекса рентабельности; $F_e^3(w_e)$ – показатель дисконтированного срока окупаемости.

Причем для функций цели $F_e^1(w_e)$ и $F_e^2(w_e)$ находится максимум, а для $F_e^3(w_e)$ – минимум.

$$\omega_e^1(w_e) = \frac{F_e^{1^0} - F_e^1(w_e)}{F_e^{1^0} - F_e^{1 \min}}, \quad w_e \in W_e, \quad (3.74)$$

$$\omega_e^2(w_e) = \frac{F_e^{2^0} - F_e^2(w_e)}{F_e^{2^0} - F_e^{2 \min}}, \quad w_e \in W_e, \quad (3.75)$$

$$\omega_e^3(w_e) = \frac{F_e^3(w_e) - F_e^{3^0}}{F_e^{3 \max} - F_e^{3^0}}, \quad w_e \in W_e, \quad (3.76)$$

где $F_e^{3 \max}$ – наибольшее значение минимизируемой функции $F_e^3(w_e)$, $w_e \in W_e$ на множестве допустимых альтернатив W_e ; $F_e^{1 \min}, F_e^{2 \min}$ – наименьшее значение максимизируемых функций $F_e^1(w_e)$, и $F_e^2(w_e)$, $w_e \in W_e$ на множестве допустимых альтернатив W_e ; $F_e^{1^0}, F_e^{2^0}, F_e^{3^0}$ – оптимальные значения функций цели соответственно $F_e^1(w_e)$, $F_e^2(w_e)$ и $F_e^3(w_e)$, $w_e \in W_e$ на множестве допустимых альтернатив W_e . Значения $\omega_e^i(w_e)$, $i = 1, \dots, 3$, $w_e \in W_e$ лежат в пределах от 0 до 1.

Необходимо найти такую компромиссную альтернативу $w_e^* \in W_e$, которая может не являться оптимальной ни для одной функции цели $F_e^1(w_e)$, $F_e^2(w_e)$ и $F_e^3(w_e)$, но оказываться приемлемой для интегрального критерия $\overline{F}_e(w_e)$. Компромиссное решение в классическом варианте предполагает равенство минимально возможных взвешенных потерь $\rho_i \omega_e^i(w_e) = k_{0 \min}$, $i = 1, \dots, 3$. Так как в данной главе при поиске оптимального решения используется метод полного перебора, то достижение равенства взвешенных потерь $\rho_i \omega_e^i(w_e)$ является необязательным. В противном случае при поиске альтернативных решений используется метод ограничений [54].

Для выбора единственного решения в задаче принятия сложного решения требуется задать весовые коэффициенты ρ_i , $i = 1, \dots, 3$, удовлетворяющие соотношению (3.73) и отражающие относительную важность функций цели $F_e^1(w_e)$, $F_e^2(w_e)$ и $F_e^3(w_e)$, $w_e \in W_e$. Наиболее эффективными подходами к определению этого предпочтения являются методы ранжирования и приписывания баллов (последний применен в данной работе).

В разделе 1.2 приведены описание критериев и формулы их вычисления:

- критерия чистой приведенной стоимости $F_e^1(w_e)$ – (1.1);
- критерия индекса рентабельности $F_e^2(w_e)$ – (1.3 – 1.5);
- критерия дисконтированного срока окупаемости $F_e^3(w_e)$ – (1.8).

Для решения этой задачи предложена эвристическая процедурная модель, позволяющая оценить эффективность принятия решений по оценке экономической целесообразности реализации инвестиционного проекта, а также в автоматизированном режиме сформировать оптимальный с позиций принятых критериев вариант источников, схем финансирования проекта, а также условий реализации целевой продукции.

3.4. ДЕФАЗИФИКАЦИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

В ряде случаев для оценки отдельных параметров качества инвестиционных проектов (технологичность, надежность, культура производства и др.) может быть использована информация из различных источников: проектной документации, результатов экспертиз (например, экологических, технических и т.п.), которые очень часто носят нечеткий характер.

Пусть $P = (p_m | m = \overline{1, M})$ – множество типов источников информации. Из каждого m -го типа издания может быть извлечена информация о значении параметра качества. В подобных случаях наиболее оправданно использование математиче-

ского аппарата экспертных систем в качестве систем поддержки принятия решений. Подобные системы способны аккумулировать знания, полученные человеком в различных областях деятельности. С их помощью удастся решить многие задачи, в том числе и задачи оценки качества инвестиционных проектов.

Представим имеющуюся нечеткую информацию посредством функций принадлежности. В настоящее время сформировалось понятие о так называемых стандартных функциях принадлежности: Л-функции, П-функции, Z-функции, S-функции.

При переходе от нечетких значений величин к вполне определенным необходимы специальные математические методы.

Для устранения нечеткости окончательного результата существует несколько методов дефазификации. Наиболее часто используемым является метод центра максимума. Рассмотрим его применительно к нашей задаче.

Для тех значений показателя y , которые описаны Л-функцией, в качестве центра максимума будем использовать величину y_{mj}^* , а при использовании П-функции – $y_{mj}^* = (y_{mj}^B + y_{mj}^H) / 2$. Взвешенное значение y_m для m -го типа изданий определим по формуле

$$y_m = \frac{\sum_{j=1}^{n_m} \rho_{mj} y_{mj}^*}{\sum_{j=1}^{n_m} \rho_{mj}}, \quad (3.77)$$

где ρ_{mj} – коэффициент достоверности информации j -го источника для m -го типа. Примем:

при использовании Л-функции

$$\rho_{mj} = 1; \quad (3.78)$$

для П-функции

$$\rho_{mj} = \frac{y_{mj}^B - y_{mj}^H}{y_m - y_m}, \quad (3.79)$$

где y_m^H, y_m^B – соответственно нижняя и верхняя границы диапазона возможного изменения показателя y .

В конечном итоге взвешенное значение y по данным всех типов изданий получим по формуле

$$y = \frac{\sum_{m=1}^M \bar{\rho}_m y_m}{\sum_{m=1}^M \bar{\rho}_m}, \quad (3.80)$$

где $\bar{\rho}_m$ – коэффициент достоверности информации для m -го типа изданий. Целесообразность введения этого коэффициента объясняется тем, что в разные периоды исторического развития России различные источники информации в силу разных причин искажали точную информацию. Исходя из современных представлений о достоверности информации того или иного периода развития России, значение $\bar{\rho}_m$ задается группой экспертов. Наиболее эффективными подходами к определению $\bar{\rho}_m$ являются методы ранжирования и приписывания баллов.

Метод приписывания баллов основан на том, что эксперты оценивают достоверность m -го типа источника информации по шкале 0 – 10. При этом им разрешается оценивать важность дробными величинами или разным типам источников приписывать одну и ту же величину из выбранной шкалы. Зная балл h_m^r m -го типа у r -го эксперта, весовые коэффициенты ρ_m , $m = \overline{1, M}$, можно найти из соотношения:

$$\bar{\rho}_m = \frac{\sum_{r=1}^R \chi_m^r}{\sum_m \sum_{r=1}^R \chi_i^r}, \quad m = \overline{1, M}, \quad (3.81)$$

где $\chi_m^r = \frac{h_m^r}{\sum_m h_m^r}$, $m = \overline{1, M}$ – вес, подсчитанный для m -типа издания на основе оценок r -го эксперта; R – количество экспертов.

При оценке отдельных показателей качества инвестиционных проектов, в ряде случаев имеется информация из различных источников, которая может быть описана не числами, а словами естественного языка, которые в теории нечетких мно-

жеств называются термами. В таком случае значением лингвистической переменной, например "надежности", являются термы "высокая", "низкая" и т. д. Для отображения лингвистической переменной необходимо определить четкие значения ее термов. В этом случае группа экспертов сама определяет конкретный вид функций принадлежности, учитывая при этом какие-то другие показатели, по которым могут быть заданы значения y_{mj}^H и y_{mj}^B для j -го источника m -го типа издания. Дефазификация нечеткого значения показателя осуществляется тем же методом (3.77) – (3.80).

Таким образом удастся получить количественную оценку лингвистических параметров качества.

3.5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Для реализации методологии оценки качества инвестиционных проектов разработано программное обеспечение в виде совокупности модулей для решения подзадач: оценки технологических процессов производства целевой продукции; оценки производств по обезвреживанию отходов; оценки инвестиционной целесообразности реализации проекта.

Разрабатываемая система, представляющая собой совокупность технических, информационных и методических средств, обеспечивает: интерактивный режим организации вычислительного процесса; автоматизацию решения задач; контроль достоверности и полноты информации на этапах ее ввода, хранения и вывода; организацию вывода цифровой, текстовой и графической информации. При разработке программных модулей за основу взят типовой набор технических средств ПЭВМ Pentium III.

При разработке программного обеспечения решения задач инвестиционного проектирования учтены особенности, характерные для данного класса задач. К ним относятся: использование средств диалога в связи со сложностью всех правил проектирования промышленных объектов, отсутствием количественных оценок, точно отражающих качество полученных решений, а также повышением качества управления ходом вычислительного процесса; наличие в математическом обеспечении различных алгоритмов, предназначенных для решения одной задачи, которые характеризуются различной эффективностью в зависимости от параметров задачи и т.п.

В основу построения программного обеспечения системы были положены принципы структурного программирования: модульности и децентрализации управления, поэтому отдельные части программного обеспечения были выделены в виде блоков. Это позволяет повысить надежность всей системы в целом, упрощает его дальнейшее совершенствование. Каждый блок реализует решение одной из задач. Взаимосвязь всех функциональных частей системы реализована в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2.1. Схематично структура программного обеспечения отдельной функциональной части системы представлена на рис. 3.3. В ее состав входят:

- подсистема расчетов задач, описанных в главе 2;
- подсистема выпуска документации, выполняющая функцию генератора выходной документации в соответствии с утвержденными на нее требованиями. Вывод информации возможен на принтер, плоттер и экран дисплея;
- подсистема ведения архива, предназначенная для хранения и тиражирования результатов всех ранее выполненных расчетов;
- система управления базами данных Access, обеспечивающая загрузку и обработку баз данных, эффективный поиск и корректировку данных;
- банк атрибутивных данных, содержащий всю справочную информацию, необходимую для описанных выше задач.

Для того чтобы электронные каталоги имели широкий спектр применимости, были свободны от произвольности, характерной для слабо формализованной технологической информации, а также сочетались с новыми методами инвестиционного проектирования, они отвечают следующим требованиям: обеспечение быстрой выборки информации в удобной форме и удовлетворение запросов широкого круга специалистов; отсутствие противоречий как внутри одного каталога, так и между различными каталогами; обеспечение расширения и изменения содержания при неизменных принципах организации информации.

На основе разработанной методологии оценки качества инвестиционного проекта промышленного производства с использованием программного обеспечения, реализующего ее положения, были выполнены тестовые расчеты по оценке качества инвестиционного проекта производства азоксипигментов.

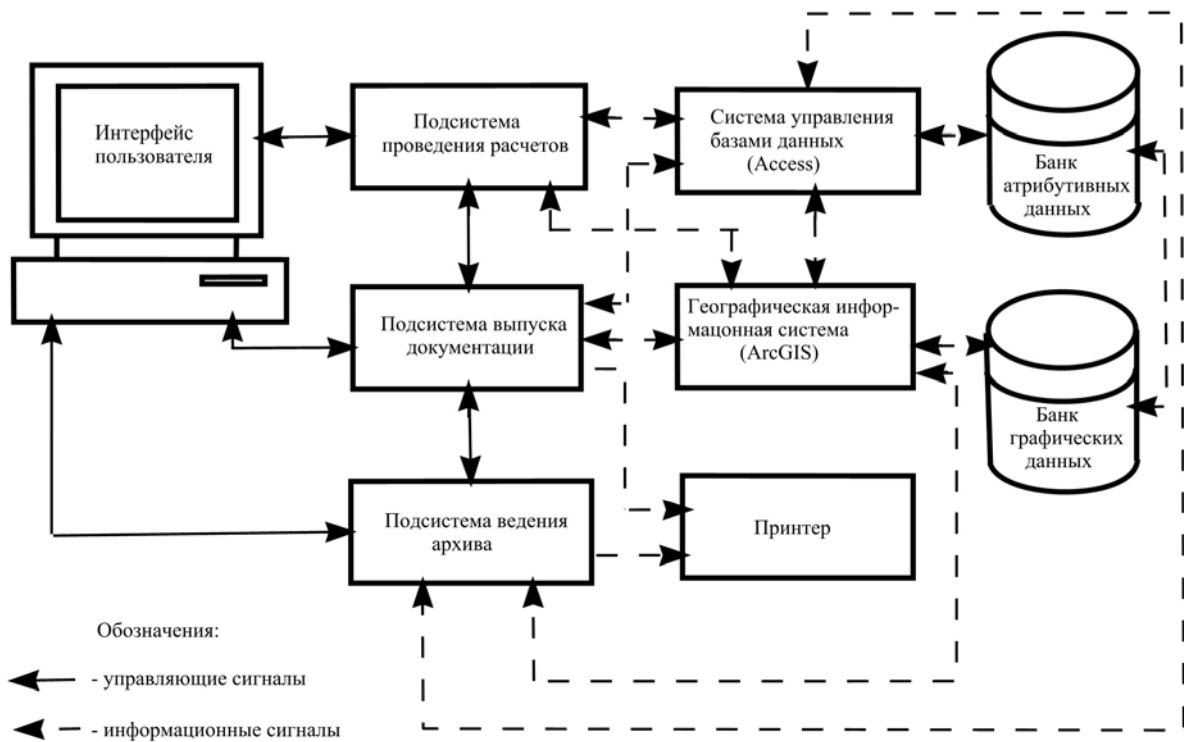


Рис. 3.3. Структура программного обеспечения функциональной части системы оценки качества инвестиционного проекта

Азопигменты используют при производстве пластмасс, ПВХ, художественных красок, а также в лакокрасочной, текстильной и полиграфической отраслях. Данная продукция используется как в России и в странах СНГ, так и за рубежом. Международный рынок пигментов для полиграфии сориентирован в основном на Европейские страны.

Целью инвестиционного проекта является: размещение производств азопигментов на ОАО "Пигмент" и доведение мощности производства до 10 000 т/год.

Пигменты – это твердые частицы неорганических веществ, нерастворимые в обычных растворителях. Одной из основных качественных характеристик пигментов является концентрация целевого вещества. Данная характеристика напрямую зависит от влажности готового продукта, поэтому при производстве пигментов особое внимание уделяется конечным стадиям процесса, таким как фильтрация и сушка. Учитывая, что сушка – энергоемкий процесс, ее ведение в жестких условиях (при более высоких температурах) снизит время на проведение процесса и энергопотребление.

В ходе выполнения расчетов были получены следующие результаты.

В качестве оптимального варианта технологических процессов производства целевой продукции была получена следующая схема: химическая реакция; фильтрация; репульпация; фильтрация; сушка.

Производство пигментов оказывает ограниченное негативное влияние на окружающую среду за счет выбросов газообразных отходов. Жидкие отходы полностью утилизируются путем глубоинной закачки и фильтрации на специальном полигоне. Отходящие газы содержат следующие компоненты: NO_2 , HCl , SO_2 . С помощью разработанного нами подхода выбрана схема, включающая стадию конденсации в прямоточном холодильнике и стадию абсорбции в насадочной колонне с использованием в качестве абсорбента NaOH . Твердые отходы не являются химически опасными и утилизируются согласно общим правилам.

В ходе формирования плана маркетинга был выбран следующий план реализации продукции: 20 % – прямые продажи; 80 % – через дилеров. Ценовой уровень пигментов по проекту 170 тыс. р. за тонну. Оптовая цена товара определяется исходя из сложившейся конъюнктуры на внешнем рынке, а также уровня рентабельности, достаточного для поддержания стабильного финансового состояния и платежеспособности организации. При этом на Российский рынок ориентировано 58 % продаж, страны СНГ – 12 % продаж, 30 % продаж – дальнее зарубежье.

В ходе обоснования выбора источников финансирования и формирования схемы финансирования наиболее предпочтительным оказался следующий вариант. Общая сметная стоимость проекта составляет 332 млн. р., из них 32 млн. р. – имеющиеся на предприятии оборудование, которое будет передано на производство по проекту, 300 млн. р. – инвестиционные вложения по всем направлениям освоения. Собственные средства: имеющиеся активы – 32 млн. р.; инвестирование в строительно-монтажные и реконструктивные работы, оборудование, непредвиденные расходы, прирост оборотного капитала – 250 млн. р. Заемные средства: оборудование – 50 млн. р. Распределение затрат по годам реализации проекта осуществляется пропорционально.

Срок окупаемости проекта составляет 4 года 10 месяцев. Чистый дисконтированный доход при горизонте планирования 6 лет равен 30 млн. р. Внутренняя норма доходности составляет 22 %.

Апробация предлагаемой методики оценки качества инвестиционных проектов машиностроительных производств была осуществлена на примере размещения партии форматоров-вулканизаторов, предназначенных для использования в резинотехнической промышленности. В качестве альтернативных предприятий рассматривались машиностроительные предприятия г. Тамбова: ОАО "Тамбовполимермаш" и "ЗОМ". Расчеты показали целесообразность размещения производства изделий на ОАО "Тамбовполимермаш".

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным результатом работы являются методологические основы разработки модели принятия решений по качеству инвестиционных проектов отдельных классов производственных технических систем – машиностроительных и химических производств.

Разработан подход к оценке качества инвестиционного проекта промышленных производств, позволяющий рассмотреть каждый его вариант с экономических, технологических и экологических позиций, учитывающий комплексную оценку альтернатив при принятии решений, возможность использования при получении целевой продукции и обезвреживании отходов различных технологий и видов оборудования, особенности территории их размещения и реализации продукции. Осуществлены постановки задач оценки: технологических процессов получения целевой продукции; производств по обезвреживанию газообразных и жидких отходов; инвестиционной целесообразности реализации проекта. В качестве составляющих векторного критерия оптимальности использованы укрупненные приведенные затраты на реализацию совокупности технологических процессов промышленного производства, надежность оборудования; технологичность и безопасность процессов получения целевой продукции и обезвреживания отходов.

Предложены модели принятия решений подзадач, входящих в систему оценки качества инвестиционного проекта, с использованием производственных правил:

- оценки технологических процессов получения целевой продукции;
- оценки производств по обезвреживанию газообразных и жидких отходов;
- оценки инвестиционной целесообразности реализации проекта.

Теоретические и практические результаты использованы при решении задач оценки качества инвестиционных проектов размещения производств азопигментов и форматоров-вулканизаторов.

Таким образом, результаты разработанных авторами моделей принятия решений по качеству инвестиционных проектов промышленных производств (на примере химических и машиностроительных производств) подтверждают их практическую целесообразность использования, а также свидетельствуют о перспективности распространения предложенной методологии их построения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзерман, М.А. Выбор вариантов. Основы теории / М.А. Айзерман, Ф.Т. Алескеров. – М. : Наука, 1990. – 227 с.
2. Акопов, Б.И. Оценка и реализация инвестиционных возможностей развития машиностроительного комплекса : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Б.И. Акопов. – М., 2004. – 161 с.
3. Бек, М.Б. Моделирование содержания растворенного кислорода на участке реки, далеко от аустория / М.Б. Бек // Математические модели контроля загрязнения воды. – М. : Мир, 1981. – С. 182 – 194.
4. Беренс, В. Руководство по оценке эффективности инвестиций : пер. с англ. / В. Беренс, П. Хавранек. – М. : Интер-эксперт, Инфра-М, 1995. – 527 с.
5. ГОСТ 7.1–2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание: Общие требования и правила составления. – Введ. 2004–01–07.
6. Бизнес-план инвестиционного проекта: Отечественный и зарубежный опыт. Современная практика и документация : учебное пособие / В.М. Попов [и др.] ; под. ред. В.М. Попова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 432 с.
7. Биргхем, Ю. Финансовый менеджмент : полный курс / Ю. Биргхем, Л. Гапенски ; под ред. В.В. Ковалева. – СПб. : Экономическая школа, 1997. – Т. 1. – 412 с.
8. Бирман, Г. Экономический анализ инвестиционных проектов : пер. с англ. / Г. Бирман, С. Шмидт. – М. : Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 631 с.
9. Бланк, И.А. Инновационный менеджмент : учебный курс / И.А. Бланк. – Киев : Эльга-Н, Ника-Центр, 2001. – 448 с.
10. Богачев, В.Н. Срок окупаемости. Теория сравнения плановых вариантов / В.Н. Богачев. – М. : Экономика, 1996. – 234 с.
11. Богачев, В.Н. Прибыль?!... О рыночной экономике и эффективности капитала / В.Н. Богачев. – М. : Финансы и статистика, 1993. – 287 с.
12. Бромвич, М. Анализ экономической эффективности капиталовложений : пер. с англ. / М. Бромвич. – М. : Инфра-М, 1996. – 432 с.
13. Вальд, А. Последовательный анализ / А. Вальд. – М. : Физматгиз, 1970. – 257 с.
14. Ван Хорн, Дж. К. Основы управления финансами : пер. с англ. / Дж. К. Ван Хорн. – М. : Финансы и статистика, 1996. – 799 с.
15. Витиник, В.А. Инвестиции промышленного предприятия и оценка их эффективности в современных условиях : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.01 / В.А. Витиник. – М., 2001. – 63 с.
16. Волков, Н.М. Критерии оценки проектов / Н.М. Волков, М.В. Грачева // Инвестиции в России. – 2000. – № 5. – С. 32 – 44.
17. Волкович, В.Л. Об одной схеме метода последовательного анализа и отсеивания вариантов / В.Л. Волкович, А.Ф. Волошин // Кибернетика. 1978. – № 4. – С. 19 – 25.
18. Воронцовский, А.В. Инвестиции и финансирование: Методы оценки и обоснования / А.В. Воронцовский. – СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 1998. – 528 с.
19. Герасимов, Б.И. Использование имитационного моделирования в инвестиционном анализе / Б.И. Герасимов, Ю.В. Немтинова // Сборник магистрантов. – Тамбов, 2005. – Вып. 1. – Ч. 2. – С. 136 – 139.
20. Глущенко, Е.В. Теория управления. Учебный курс / Е.В. Глущенко. – М. : "Вестник", 1997. – 336 с.
21. ГОСТ 12.1.004–91* ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 14.06.1991. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2002.
22. Демьянюк, Ф.С. Технологические основы поточного и автоматизированного производства / Ф.С. Демьянюк. – М. : Высшая школа, 1958. – 694 с.
23. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих / под ред. Л.Г. Хороших. – 2-е изд. – М., 1988. – 591 с.
24. Ефименко, С.П. Интегральные показатели качества металлургических технологий / С.П. Ефименко, Е.Х. Шахазов, И.М. Рожков, Б.Л. Каширин // Известия вузов. Черная металлургия. – 1993. – № 7. – С. 68 – 72.
25. Емельянов, С.В. О построении решающих правил в многокритериальных задачах / С.В. Емельянов, В.М. Озерной, М.Г. Гафт // ДАН СССР. – 1976. – Т. 228, № 1.
26. Жуков, Л.М. Финансово-экономический анализ в методике оценки эффективности инвестиций / Л.М. Жуков // Инвестиции в России. – 2004. – № 10. – С. 34 – 39.
27. Журавлев, В.Н. Машиностроительные стали : справочник / В.Н. Журавлев, О.И. Николаева. – М. : Машиностроение, 1981. – 391 с.
28. Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды. – М., 1993. – 60 с.
29. Зимнухова, Ж.Е. О подходе к решению задач технологической подготовки машиностроительного производства / Ж.Е. Зимнухова, Ю.В. Немтинова // Теория активных систем : тез. докл. Междунар. конф. – М. : ИПУ РАН, 2002. – Т. 2. – С. 83 – 85.
30. Зимнухова, Ж.Е. Оценка затрат изготовления машиностроительных деталей на ранних стадиях технологической подготовки производства / Ж.Е. Зимнухова, Ю.В. Немтинова // Труды ТГТУ : сб. научных статей молодых ученых и студентов. – Тамбов, 2001. – Вып. 7. – С. 206 – 211.
31. Зимнухова, Ж.Е. Оценка затрат на химико-термическую обработку машиностроительных изделий / Ж.Е. Зимнухова, Ю.В. Немтинова // Моделирование, теория, методы и средства : тез. докл. Междунар. конф. – Новочеркасск, 2001. – Ч. 4. – С. 19.
32. Зимнухова, Ж.Е. Оценка технологических процессов по фактору профессионального риска / Ж.Е. Зимнухова, Ю.В. Немтинова // VII научная конференция ТГТУ : тез. докл. – Тамбов, 2002. – С. 48 – 49.

33. Зимнухова, Ж.Е. Экономическое обоснование выбора технологических процессов термической обработки деталей машиностроения / Ж.Е. Зимнухова, Ю.В. Немтинова // Теплофизические измерения в начале XXI века : тез. докл. Междунар. теплофиз. школы. – Тамбов, 2001. – С. 114 – 116.
34. Использование информационных систем при проведении экологических экспертиз / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов, Д.В. Сарычев, Ю.В. Немтинова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2003. – Т. 9, № 3. – С. 434 – 443.
35. Золотогоров, В.Г. Инвестиционное проектирование : учебное пособие / В.Г. Золотогоров. – Минск : ИП "Экоперспектива", 1998. – 463 с.
36. Ковалев, В.В. Финансовый анализ: Управление капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности / В.В. Ковалев. – М. : Финансы и статистика, 1998. – 325 с.
37. Ковалев, А.П. Диагностика банкротства / А.П. Ковалев. – М. : Финстатинформ, 1995. – 319 с.
38. Колас, Б. Управление финансовой деятельностью предприятия. Проблемы, концепции и методы : учебное пособие / Б. Колас ; пер. с фр., под ред. проф. Я.В. Соколова. – М. : Финансы, ЮНИТИ, 1997. – 314 с.
39. Косов, В.В. Инвестиции как рычаг для подъема экономики России из кризиса / В.В. Косов // Экономический журнал Высшей школы экономики. – 1998. – № 3. – С. 308 – 311.
40. Лившиц, В.Н. О нормативах сравнительной эффективности вложений и приведения разновременных затрат / В.Н. Лившиц // Экономика и математические методы. – 1974. – Т. X. – Вып. 2.
41. Лившиц, В.Н. Оптимизация при перспективном планировании и проектировании / В.Н. Лившиц. – М. : Экономика, 1984. – 223 с.
42. Лившиц, В.Н. Проектный анализ: методология, принятая во всемирном банке / В.Н. Лившиц // Экономика и математические методы. – 1974. – Вып. 3.
43. Липсиц, И.В. Инвестиционный проект: Методы подготовки и анализа : учеб.- справ. пособие / И.В. Липсиц, В.В. Косов. – М. : Изд-во БЕК, 1996. – 293 с.
44. Лурье, А.Л. Методы сопоставления эксплуатационных расходов и капиталовложений при экономической оценке технических мероприятий / А.Л. Лурье // Вопросы экономики железнодорожного транспорта. – М., 1948. – С. 6 – 15.
45. Львов, Д.С. Методологические проблемы оценки эффективности инвестиционных проектов / Д.С. Львов, В.Г. Медницкий, В.В. Овсиенко [и др.] // Экономика и математические методы. – 1995. – Вып. 2. – С. 5 – 19.
46. Мазур, И.И. Управление проектами : справочник для профессионалов / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро. – М. : Высшая школа, 2002. – 875 с.
47. Мазур, И.И. Управление проектами / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге. – М. : Экономика, 2001. – 574 с.
48. Малыгин, Е.Н. Автоматизированный синтез сооружений биохимической очистки сточных вод / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов, С.Я. Егоров // Теоретические основы химической технологии. – 2002. – № 2. – С. 185 – 193.
49. Малыгин, Е.Н. Автоматизация процесса технологической подготовки машиностроительного производства / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов, Ж.Е. Зимнухова // Материалы Междунар. конф. и выставки CAD/CAM/PDM-2001 "Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта". – М., 2001. – С. 301 – 310.
50. Малыгин, Е.Н. Автоматизированный синтез системы очистки газовых выбросов для многоассортиментных малотоннажных химических производств / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов, Ю.В. Немтинова // Теоретические основы химической технологии. – 2003. – Т. 37, № 6. – С. 613 – 621.
51. Малыгин, Е.Н. Автоматизированный выбор места строительства химических производств с учетом их влияния на окружающую среду / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов // Моделирование и управление химико-технологическими процессами. – Калинин, 1986. – С. 104 – 108.
52. Малыгин, Е.Н. Интеллектуальное и информационное обеспечение автоматизированной системы компоновки оборудования ХТС / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов, В.Г. Мокрозуб // Математические методы в химии и химической технологии : тез. докл. Междунар. конф. –Новомосковск, 1997. – Ч. 4. – С. 31.
53. Малыгин, Е.Н. Оценка эффективности природоохранных мероприятий на химических предприятиях / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов, В.Г. Мокрозуб // Химическая промышленность. – 1989. – № 12. – С. 943 – 944.
54. Малыгин, Е.Н. Экспертная система для проектирования и реконструкции гибких многоассортиментных производств / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов, В.Г. Мокрозуб // Проблемы, задачи и опыт внедрения программных средств АСУ ТП : тез. докл. VII Всесоюзной науч.-техн. конф. – Черновцы, 1990. – С. 89.
55. Мелкумов, Ч.С. Экономическая оценка эффективности инвестиций и финансирование инвестиционных проектов / Ч.С. Мелкумов. – М. : ИКЦ "ДИС", 1997. – 160 с.
56. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / авт. кол. : В.В. Косов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров. – Утв. Минэкономики РФ, Минфином РФ и Госстроем РФ, № ВК-477 от 21.06.99. – М. : Экономика, 2000.
57. Михалевич, В.С. Вычислительные методы исследования и проектирования / В.С. Михалевич, В.Л. Волкович. – М. : Наука, 1982. – 288 с.
58. Михалевич, В.С. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем / В.С. Михалевич, В.Л. Волкович. – М. : Наука, 1982. – 286 с.
59. Михалевич, В.С. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем / В.С. Михалевич, В.Л. Волкович. – М. : Наука, 1982. – 286 с.
60. Многовариантный типологический подход в задачах обучения и обработки данных / Е.П. Фетинина, Т.В. Кораблина, Л.И. Криволапова [и др.] // Известия вузов. Черная металлургия. – 2000. – № 4. – С. 57 – 60.
61. Москвин, В.А. Риск финансирования инвестиционного проекта / В.А. Москвин // Инвестиции в России. – 2004. – № 1. – С. 16 – 22.
62. Немтинов, В.А. Экономико-математическое моделирование процессов утилизации жидких отходов многоассортиментных малотоннажных химических производств / В.А. Немтинов, Ю.В. Немтинова // Методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Новочеркасск, 2001. – С. 23.

63. Немтинов, В.А. Автоматизированное формирование природоохранных мероприятий при проведении государственной экологической экспертизы / В.А. Немтинов, Д.В. Сарычев, Ю.В. Немтинова // Химическая промышленность. – 2003. – Т. 80, № 3. – С. 14 – 25.
64. Немтинов, В.А. О подходе к регулированию взаимоотношений между природопользователями / В.А. Немтинов, Ю.В. Немтинова // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2004. – Т. 43, № 5. – С. 143 – 148.
65. Немтинов, В.А. О подходе к созданию системы принятия решений при проведении государственной экологической экспертизы / В.А. Немтинов, Ю.В. Немтинова // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2005. – Т. 44, № 3. – С. 72 – 81.
66. Немтинов, В.А. Оценка инвестиционной деятельности при размещении химических производств / В.А. Немтинов, Ю.В. Немтинова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2002. – Т. 8, № 2. – С. 375 – 382.
67. Немтинов, В.А. Оценка инвестиционной политики на машиностроительном производстве / В.А. Немтинов, Ж.Е. Зимнухова, Ю.В. Немтинова // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2003. – № 4. – С. 23 – 28.
68. Немтинов, В.А. Оценка технико-экономической эффективности и экологической безопасности проектируемых химических производств / В.А. Немтинов, Ю.В. Немтинова // Перспективы развития лесного и строительного комплексов, подготовка инженерных и научных кадров на пороге XXI века : тез. докл. Междунар. конф. – Брянск, 2000. – С. 62 – 64.
69. Немтинов, В.А. Экономико-математическое моделирование процессов утилизации жидких отходов многоассортиментных малотоннажных химических производств / В.А. Немтинов, Ю.В. Немтинова // Методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике : тез. докл. Междунар. конф. – Новочеркасск, 2001. – С. 23.
70. Новоженев, Д.В. Теоретические основы и методология совершенствования систем управления инвестициями российских корпораций / Д.В. Новоженев // Менеджмент в России и за рубежом. – 2003. – № 6. – С. 19 – 34.
71. Остапенко, В. Собственные источники инвестиций предприятий / В. Остапенко, В. Мешков // Экономист. – 2003. – № 8. – С. 28 – 36.
72. Оценка эффективности природоохранных мероприятий на химических предприятиях / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов, В.Г. Мокрозуб и др. // Химическая промышленность. – 1989. – № 12. – С. 943 – 944.
73. Решение проблемы оптимального синтеза технологических процессов сложных систем / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов, Ж.Е. Зимнухова, Ю.В. Немтинова // Вестник Тамбовского государственного университета. – 2002. – Т. 7, № 2. – С. 242 – 245.
74. Савичева, А.Н. Методическое обеспечение оценки экономической эффективности инвестиционного проекта с учетом рисков факторов : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / А.Н. Савичева. – Кострома, 2004.
75. Семенов, С.К. Денежные потоки при финансировании инвестиций / С.К. Семенов // Экономический анализ: теория и практика. – 2004. – № 18(33). – С. 17 – 22.
76. ГОСТ Р ИСО 9000–2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – Введ. 2001–15–08. – М. : Изд-во стандартов, 2001. – 26 с.
77. ГОСТ Р ИСО 10006–2005. Системы менеджмента качества. Руководство по менеджменту качества при проектировании. – Введ. 2005–06–09. – М. : Стандартинформ, 2005.
78. ГОСТ Р ИСО 9001–2001. Системы менеджмента качества. Системы менеджмента качества. Требования. – Введ. 2001–15–08. – М. : Изд-во стандартов, 2001. – 20 с.
79. Смоляк, С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности (теория ожидаемого эффекта) / С.А. Смоляк. – М. : Наука, 2002. – 182 с.
80. Соловьева, И.А. Экономический анализ и оценка инвестиционных процессов на промышленном предприятии : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / И.А. Соловьева. – Челябинск, 2005. – 203 с.
81. Терентьев, Н.Е. Некоторые актуальные вопросы отбора инвестиционных проектов / Н.Е. Терентьев // Инвестиции в России. – 2005. – № 5. – С. 27 – 30.
82. Турманидзе, Т. Методические вопросы оценки эффективности инвестиций / Т. Турманидзе // Инвестиции в России. – 2005. – № 2. – С. 22 – 30.
83. Тылкин, М.А. Справочник термиста ремонтной службы / М.А. Тылкин. – М. : Металлургия, 1981. – 648 с.
84. Управление проектом. Основы проектного управления : учебник / М.Л. Разу [и др.] ; под ред. М.Л. Разу. – М. : КНО-РУС, 2006. – 768 с.
85. Учет факторов экологической безопасности и профессионального риска на этапе технологической подготовки машиностроительного производства / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов, Ж.Е. Зимнухова, Ю.В. Немтинова // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта : докл. Междунар. конф. и выставки CAD/CAM/PDM-2002. – М., 2002. – Т. 2. – С. 428 – 435.
86. Об охране окружающей среды : федер. закон 7-ФЗ от 10.01.02 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2002. – № 2. – Ст. 133.
87. Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений : федер. закон 39-ФЗ от 25.02.99 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1999. – № 9. – Ст. 1096.
88. Фетинина, Е.П. Многовариантный типологический подход в задачах обучения и обработки данных / Е.П. Фетинина, Т.В. Кораблина, Л.И. Криволапова // Известия вузов. Черная металлургия. – 2000. – № 4. – С. 57 – 60.
89. Холт, Р. Основы финансового менеджмента / Р. Холт. – М. : Дело, 1993. – 128 с.
90. Холт, Р. Планирование инвестиций / Р. Холт, С. Бернес. – М. : Дело ЛТД, 1994. – 120 с.
91. Хонко, Я. Планирование и контроль капиталовложений : пер. с фин. / Я. Хонко. – М. : Экономика, 1987. – 190 с.
92. Хруцкий, В.Е. Современный маркетинг: настольная книга по исследованию рынка : учебное пособие / В.Е. Хруцкий, И.В. Корнева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 528 с.
93. Царев, В.В. Внутрифирменное планирование / В.В. Царев. – СПб. : Питер, 2002. – 352 с.
94. Царев, В.В. Оценка экономической эффективности инвестиций / В.В. Царев. – СПб. : Питер, 2004. – 464 с.
95. Царев, В.В. Автоматизация бизнес-планирования в электромашиностроении / В.В. Царев, М.Г. Рабинович, Л.В. Неверовский. – СПб. : Энергоатомиздат : Санкт-петербургское отделение, 1993. – 421 с.
96. Цвиркун, А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем / А.Д. Цвиркун. – М. : Наука, 1982. – 200 с.

97. Чернов, В.Б. Управление инвестиционными процессами на промышленных предприятиях / В.Б. Чернов ; под ред. И.А. Баева. – М. : РАН, 2003. – 222 с.
98. Чистов, Л.М. Эффективное управление социально-экономическими системами. Теория и практика / Л.М. Чистов. – СПб. : Петрополис, 1998. – 254 с.
99. Шапиро, В.Д. Управление проектами / В.Д. Шапиро. – СПб. : Два Три, 1996. – 610 с.
100. Шарп, У. Инвестиции / У. Шарп, Г. Александер, Дж. Бэйли ; пер. с англ. – М. : Инфра-М, 1999. – 1028 с.
101. Щербакова, Е.Г. Управление инвестиционными проектами на промышленном предприятии : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Е.Г. Щербакова. – М., б/г. – 198 с.
102. Экономика предприятия : учебник / Н.А. Сафронов [и др.]. – М. : Юрист, 2002. – 234 с.
103. Malygin, E. Computer-aided Synthesis of Ecologically Safe Processes of Chemicothermal Treatment of Workpieces from Metals / E. Malygin, V. Nemtinov, Yu. Nemtinova // Transactions of the Tambov State Technical University. – 2002. – V. 8, N 3. – P. 518 – 524.
104. Malygin, E. Construction Principles of the System for Solving Industrial Ecology Problems / E. Malygin, V. Nemtinov, Yu. Nemtinova // Transactions of the Tambov State Technical University. – 2001. – V. 7, N 2. – P. 205 – 212.
105. Nemtinova, Yu. Realization of Investment Policy at Allocation of Chemical Productions / Yu. V. Nemtinova // Математическое моделирование физических, экономических, технических социальных систем и процессов : тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – Ульяновск, 2001. – С. 89 – 90.