
В.Я. Хорольский,
М.А. Таранов,
Д.В. Петров

**ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ**

ББК 40. 76Я 73
Т 38

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой информационных систем в экономике
Ставропольского государственного университета
В.Ф. Минаков

доктор технических наук, профессор,
ректор Южно-Российского государственного университета
экономики и сервиса
А.Г. Сапронов

доктор экономических наук, профессор,
заведующий кафедрой организации производства, управления
и маркетинга Южно-Российского государственного университета
экономики и сервиса
Б.Ю. Сербиновский

Т 38 В.Я. Хорольский, М.А. Таранов, Д.В. Петров.
Оценка экономической эффективности агроинженерных
проектов. – зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2008. – 212 с.

Изложены основные теоретические и практические положения по проведению оценки экономической эффективности агроинженерных проектов. Учтены различные направления разработки агроинженерных проектов: опытно-конструкторские работы, модернизация действующих установок, эксплуатационная тематика, внедрение информационных систем и программных продуктов. Экономические расчеты базируются на общепринятой в мировой практике системе показателей оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях рыночной экономики. В необходимых случаях разработанные рекомендации подкреплены рассмотрением примеров по расчету технико-экономических показателей.

ББК 40. 76 Я 73

© Авторский коллектив, 2008.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Важное место в агроинженерных проектах занимают вопросы оценки экономической эффективности научно-технических решений, принимаемых инженером в процессе разработки поставленных задач.

Переход народного хозяйства нашей страны на рыночные отношения остро ставит вопрос обеспечения высокого качества продукции, требует коренного изменения научно-технической политики, существенного совершенствования базы производства, разработки и скорейшего освоения передовых технологий, широкого внедрения вычислительной техники.

Вместе с тем народному хозяйству не безразлично, какой ценой достигается производство того или иного продукта или изделия. Новая техника должна иметь не только эксплуатационные характеристики, соответствующие лучшим мировым стандартам, но и быть экономически выгодной. В связи с этим повышается роль и значение теоретических и практических навыков инженера в вопросах проведения технико-экономических расчетов, в умении делать научно-обоснованное заключение о целесообразности внедрения разработанных устройств и технологических процессов.

По указанному направлению авторы придерживаются мнения, что технико-экономическая оценка должна быть комплексной, содержать все многообразие технических и экономических показателей, в частности, должен проводиться расчет надежности и других технических характеристик, вновь разрабатываемых устройств, выполняться оптимизационные расчеты, а итоговая оценка должна содержать показатели экономической эффективности.

Необходимо отметить, что в связи с переходом России на рыночные отношения устарел применявшийся в СССР методический подход оценки экономической эффективности инвестиций. На данном этапе в качестве экономических показателей в агроинженерных проектах рекомендуется рассматривать: чистый дисконтированный доход, индекс доходности,

внутреннюю норму доходности и срок окупаемости. Указанные показатели являются широко используемыми в мировой практике.

В силу этого в данной работе с единых методических позиций рассмотрены рекомендации для выполнения оценки экономической эффективности по следующим основным направлениям: научные исследования и опытно-конструкторские разработки; модернизация действующих установок, внедрение новых устройств и технологических процессов; эксплуатационная тематика; технико-экономическое обоснование информационных систем и программных продуктов.

Основные теоретические выкладки в необходимых случаях подкрепляются решением примеров. В приложениях и по ходу изложения материала приводятся справочные данные, пригодные для проведения расчетов.

Работа может быть полезна при оценке экономической новых технических решений и эффективности инвестиций в различных областях применения техники в народном хозяйстве.

РАЗДЕЛ 1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ

1.1. СТРУКТУРНЫЕ И СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ ПО ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ

Технико-экономическая оценка является обязательной составной частью агроинженерного проекта, основной задачей которого является определение величины экономического эффекта от использования в общественном производстве основных и сопутствующих результатов, получаемых при решении поставленных задач.

Оценка эффективности принимаемых научно-технических решений должна быть комплексной и учитывать все технические, экономические, социальные, экологические и другие аспекты использования полученных результатов. При этом необходимые расчеты должны выполняться поэтапно в соответствующих разделах проекта. Так, во введении целесообразно рассмотреть значение исследуемых вопросов для народного хозяйства, отрасли или предприятия, современное состояние рассматриваемой проблемы, сущность предлагаемых технических решений. В основных разделах принимаемые решения базируются на использовании функционально-стоимостного анализа.

Специальный раздел «Технико-экономическое обоснование проекта» является обобщающим. В нем сводятся воедино полученные ранее технико-экономические показатели, выполняются дополнительные расчеты, выбирается предпочтительное решение при наличии нескольких возможных альтернативных вариантов. Объем данного раздела не должен превышать 10 ... 15 процентов общего объема проекта.

Результаты технико-экономической оценки должны быть отражены и в заключении. При этом следует указать степень решения поставленных в задании на агроинженерное проектирование вопросов, отразить рациональные области использования полученных технических решений.

Основные результаты оценки экономической эффективности проекта выносятся на специальный демонстрационный плакат. Помимо экономических показателей (чистый дисконтированный доход, норма доходности, срок окупаемости) на плакате необходимо привести технические показатели (характеристики надежности, массогабаритные показатели, КПД, показатели унификации и проч.) из тех, что рассчитывались в проекте.

Выполняемые по технико-экономическому обоснованию расчеты должны сопровождаться необходимыми пояснениями. Обязательной является нумерация формул, расшифровка условных обозначений, ссылки на источники получения исходных данных. При проведении технико-экономических расчетов рекомендуется использовать действующие оптовые, розничные цены и тарифы на продукцию, работы и услуги. Экономическую оценку целесообразно проводить в рублях, используя реальные цены на момент проведения расчетов.

Большинство расчетов желательно представлять в табличной форме. Пояснительная записка агроинженерного проекта в целом и раздел с технико-экономическим обоснованием в частности должны выполняться в соответствии с требованиями ЕСКД.

1.2 ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ В СВЯЗИ С РЫНОЧНЫМИ ОТНОШЕНИЯМИ

Выпущенные в свое время в СССР учебные пособия и методические материалы с рекомендациями по проведению технико-экономических расчетов при проектировании были ориентированы на преимущественное выполнение экономических расчетов с рассмотрением отдельных технических характеристик в необходимых случаях. В большинстве из них практически не содержится рекомендаций по введению результирующей целевой функции качества проекта и сведению частных показателей качества в обобщенный.

Экономическая оценка, как правило, выполнялась путем сопоставления нескольких вариантов на основе действующей методики [41, 56, 57]. В качестве основного критерия экономической эффективности сравниваемых вариантов принимались приведенные годовые затраты. Для i -го варианта проекта приведенные затраты I_i , определялись по формуле

$$I_i = EK_i + Z_i \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

где E – нормативный коэффициент эффективности;

K_i – капитальные вложения;

Z_i – ежегодные эксплуатационные расходы.

Значения нормативного коэффициента капитальных вложений были дифференцированы по отраслям народного хозяйства и колебались от 0,07 до 0,27.

Одним из недостатков оценок по данной формуле является то, что величина E в нынешних экономических условиях России является заниженной. Для рыночных отношений значение E должно изменяться с учетом

уровня инфляции и быть на уровне банковской процентной ставки или другого аналогичного критерия, например, ставки дивидендов.

Годовой экономический эффект от реализации лучшего варианта определялся по формуле

$$\Delta = (I_1 - I_2) = (C_1 - C_2) - E(K_2 - K_1), \quad (1.2)$$

где I_1, I_2 – приведенные затраты по вариантам;
 C_1, C_2 – себестоимость продукции по вариантам;
 K_1, K_2 – капитальные вложения по вариантам.

Помимо приведенных затрат обычно проводился расчет срока окупаемости капитальных вложений:

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2}, \quad (1.3)$$

Если капитальные вложения вкладывались в разное время, то рекомендовалось применять коэффициент приведения:

$$\alpha_m = \frac{1}{(1 + E)^m}, \quad (1.4)$$

где m – период приведения.

Капитальные вложения в этом случае приводились или к началу осуществления проекта (путем деления на этот коэффициент) или к концу осуществления проекта (путем умножения на этот коэффициент).

Основной недостаток методики сравнительной эффективности капитальных вложений заключается в том, что в качестве критерия выбора наилучшего варианта используются приведенные затраты, а не прибыль, которая в наибольшей степени отвечает требованиям рыночной экономики. Кроме этого такой методический подход не может быть использован для проектов, направленных на улучшение качества продукции (работ, услуг), так как в этом случае увеличиваются издержки на производство и реализацию продукции за счет применения более качественных и дорогостоящих материалов, путем использования более высококвалифицированного труда и других факторов. Если применять его для этого случая, то результат будет однозначно отрицательный.

Рассмотренные выше показатели – минимум приведенной стоимости и срок окупаемости дополнительных капитальных вложений применимы при статической постановке задачи, которая не учитывает динамику затрат и эффектов во времени. Так принимается, что капитальные вложения осуществляются однократно (т.е. делаются один раз перед началом эксплуатации), себестоимость, текущие эксплуатационные расходы постоянны и

по годам не меняются. Эти показатели применимы при одинаковых по сравниваемым вариантам объемах продукции.

Таким образом, с переходом России на рыночные отношения устарела методическая база по экономическому обоснованию инвестиций, наработанная в бытность плановой экономики.

Наиболее общей постановкой задачи по определению эффективности инвестиций является динамическая, которая учитывает распределение во времени чистого притока и оттока капитала в течение срока эксплуатации объекта, поскольку прибыль, полученная в начальный период, предпочтительнее прибыли, полученной на более поздней стадии.

В настоящее время введены в действие «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и отбору их для финансирования» [42], в которых используются основные принципы, а также сложившиеся и апробированные в мировой практике подходы к оценке эффективности инвестиционных проектов, адаптированные к рыночной экономике.

Основные принципы, которые заложены в этих рекомендациях, сводятся к следующему:

- рассмотрение проекта на протяжении всего его жизненного цикла (расчетного периода) – от проведения прединвестиционных исследований до прекращения проекта;
- сопоставимость условий сравнения различных проектов (вариантов проекта), например, сравнение различных вариантов технического проекта с использованием различного оборудования;
- принцип положительности и максимума эффекта. С точки зрения инвестора, для признания инвестиционного проекта эффективным необходимо, чтобы эффект реализации порождающего его проекта был положительным; при сравнении альтернативных инвестиционного проекта или вариантов проекта предпочтение должно отдаваться проекту с наибольшим значением эффекта;
- учет фактора времени. При оценке эффективности проекта должны учитываться различные аспекты фактора времени, в том числе динамичность (изменение во времени) параметров проекта и его экономического окружения; разрывы во времени (лаги) между производством продукции или поступлением ресурсов и их оплатой; неравноценность разновременных затрат и/или предпочтительность более ранних результатов и более поздних затрат;
- учет только предстоящих затрат и поступлений. При расчетах показателей эффективности должны учитываться только предстоящие в ходе осуществления проекта затраты и поступления, включая затраты, связанные с привлечением производственных фондов, а также предстоящие потери, непосредственно вызванные осуществлением проекта (например, от прекращения действующего производства в связи с организацией на его месте нового);

- учет всех наиболее существенных последствий проекта. При определении эффективности инвестиционного проекта должны учитываться все последствия его реализации как непосредственно экономические, так и внеэкономические (внешние эффекты, общественные блага). В тех случаях, когда их влияние на эффективность допускает количественную оценку, ее следует произвести. В других случаях учет этого влияния должен осуществляться экспертно;

- учет влияния инфляции;

- учет (в количественной форме) влияния неопределенностей и рисков, сопровождающих реализацию проекта.

Новый методический подход требует введения новых показателей экономической эффективности инвестиционных проектов.

Вместе с тем не исключается использование ранее применявшейся методики с расчетом приведенных затрат и срока окупаемости капитальных вложений для проектов краткосрочного характера с учетом статической постановки задачи определения экономической эффективности инвестиций.

РАЗДЕЛ 2.

СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ

2.1. ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРОЕКТНЫХ РАЗРАБОТОК

Технико-экономическая оценка агроинженерных проектов базируется на рассмотрении совокупности технических и экономических показателей. Технический уровень принимаемых решений во многом определяет экономическую эффективность применения их в народном хозяйстве. Уровень технического совершенства тех или иных технических средств оценивается с помощью показателей качества продукции [40]. Существующие научно-методические подходы к оценке качества продукции предусматривают рассмотрение частных показателей качества и обобщенного.

Общую номенклатуру частных показателей качества можно представить следующим образом [40]: показатели назначения, показатели надежности, эргономические показатели, эстетические показатели, показатели технологичности, показатели унификации, экологические показатели, показатели безопасности.

Показатели назначения. Показатели назначения характеризуют свойства изделия, определяющие основные функции, для выполнения которых оно предназначено и обуславливают область его применения. При этом следует выбирать самые необходимые из них, характеризующие наиболее важные свойства проводимой разработки. К группе показателей назначения обычно относятся: классификационные показатели (мощность электродвигателя, емкость электроводогрейного котла, объем памяти ЭВМ и др.); показатели функциональной и технической эффективности (КПД источника вторичного электропитания, частота вращения электрической машины, световой поток осветительного прибора и т.п.); конструктивные показатели (масса, объем устройства).

Основными методами определения показателей назначения при разработке агроинженерного проекта являются измерительный и расчетный. Измерительный метод предусматривает получение информации с помощью технических средств измерения. Используя измерительный метод можно, например, получить массу изделия, силу тока прибора, снять электромеханические характеристики электрического двигателя. Расчетный метод основан на применении информации, получаемой с помощью теоретических или эмпирических зависимостей. Этот метод обычно применяют на этапах проведения НИР и проектных разработок до создания экспериментальных образцов. При расчетах широко используются удельные пока-

затели отдельных элементов устройства. Определение показателей назначения рекомендуется осуществлять на всех стадиях агроинженерного проекта по мере разработки отдельных функциональных узлов и подсистем изделия в целом.

Показатели надежности. Надежность является комплексным понятием и характеризует несколько свойств изделия (технологического процесса). В качестве показателей надежности рассматриваются показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости, а также комплексные показатели надежности.

Определение численных значений показателей надежности производится расчетным методом или по результатам эксплуатации. Расчетный метод обычно используется при разработке новых устройств и предусматривает определение количественных значений показателей надежности по известной структурной схеме надежности и интенсивностям отказов типовых элементов, приводимым в справочниках по надежности. Кроме этого в практике разработки агроинженерных проектов иногда возникает необходимость определения показателей надежности по статистическим данным, собираемым в процессе эксплуатации. Обработка статистических данных обычно ведется с использованием известных методов теории вероятностей и математической статистики.

Комплексные показатели надежности одновременно учитывают несколько свойств. Наиболее часто применяются такие показатели как коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент технического использования. Из трех рассмотренных показателей коэффициент технического использования является наиболее общим и универсальным для оценки технического состояния исследуемых систем.

Эргономические показатели характеризуют систему «человек – изделие» и учитывают комплекс гигиенических, антропологических, физиологических и психологических свойств человека, проявляющихся в производственных процессах. В качестве основных эргономических показателей рассматриваются такие показатели как освещенность, температура, влажность, напряженность магнитного и электрического полей, запыленность, шум, вибрации, излучение, перегрузки. К другим эргономическим показателям относятся – соответствие конструкции изделий размерам тела человека, силовым возможностям, возможностям восприятия и переработки информации.

Оценка эргономических показателей обычно проводится путем сопоставления полученных значений характеристик с базовыми. За базовые в большинстве случаев принимаются эргономические требования, приводимые в справочниках и нормативной литературе. Оценка ведется по принципу «соответствует», «не соответствует». Если установлена взаимосвязь показателей назначения и эргономических показателей, то оценку следует вести по изменению показателей назначения. Для определения эргономических показателей может использоваться также экспертный метод.

Эстетические показатели несут информацию о выразительности и рациональности формы, целостности композиции, совершенстве производственного исполнения продукции и стабильности товарного вида. Оценка эстетических показателей обычно производится экспертной комиссией. За критерий эстетической оценки принимается ранжированный ряд изделий, представляемых организацией – исполнителем и отобранных экспертами.

Показатели технологичности характеризуют затраты материалов, средств труда и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и эксплуатации продукции. К числу основных показателей технологичности относятся показатели трудоемкости, материалоемкости и себестоимости продукции (работ, услуг).

Суммарная трудоемкость определяется количеством времени, затрачиваемого исполнителями на производства продукции:

$$T = T_1 + T_2 + \dots + T_J = \sum_{j=1}^J T_j, \quad (2.1)$$

где T_j – трудоемкость отдельных видов работ, например технического обслуживания, текущего ремонта и т.д., чел.-ч.;
 J – количество видов работ.

Суммарная материалоемкость продукции определяется по общей массе единицы продукции:

$$M = M_1 + M_2 + \dots + M_n = \sum_{i=1}^n M_i, \quad (2.2)$$

где M_i – материалоемкость i -той составляющей части изделия (продукции);
 n – число составных частей.

Суммарная себестоимость характеризует те денежные затраты, которые связаны с выпуском единицы продукции. В самом общем случае себестоимость включает издержки на материалы, электроэнергию, зарплату, а также косвенные расходы.

Помимо общих показателей технологичности во многих случаях оказывается полезным определение удельных показателей, показывающих отношение рассматриваемых параметров к массообъемным и другим показателям (например, на один кубический метр полезного объема и т.п.).

Показатели унификации характеризуют насыщенность установки стандартными, унифицированными и оригинальными частями, а также уровень унификации с другими изделиями.

Обычно используются следующие показатели унификации:

- коэффициент применяемости;
- коэффициент повторяемости;

- коэффициент унификации для группы изделий.

Коэффициент применяемости вычисляют по формуле:

$$r_{np} = \frac{n - n_o}{n} 100\%, \quad (2.3)$$

где n – общее количество типоразмеров составных частей изделия;

n_o – количество типоразмеров оригинальных составных частей.

Коэффициент повторяемости составных частей определяют по выражению

$$r_n = \frac{n}{h} 100\%, \quad (2.4)$$

где n – общее количество составных частей;

h – количество повторяющихся составных частей.

Коэффициент унификации для группы изделий можно вычислить по формуле

$$r_y = \frac{\sum_{i=1}^n r_{np.i} d_i c_i}{\sum_{i=1}^n d_i c_i}, \quad (2.5)$$

где n – количество изделий в группе;

$r_{np.i}$ – коэффициент применяемости для i -го изделия;

d_i – программа по i -му изделию;

c_i – оптовая цена i -го изделия.

При отсутствии данных о цене каждого изделия r_y вычисляют по упрощенной формуле

$$r_y = \frac{\sum_{i=1}^n r_{np.i} d_i}{\sum_{i=1}^n d_i}. \quad (2.6)$$

Экологические показатели характеризуют уровень вредных воздействий на окружающую среду, возникающих при эксплуатации или потреблении продукции. При оценке уровня качества изделий с учетом экологических показателей необходимо исходить из требований по охране окружающей среды, приводимых в нормативных документах.

Показатели безопасности связаны с безопасностью персонала при обслуживании технических средств и технологий. Примерами показателей безопасности могут служить:

- вероятность безопасной работы человека в течение определенного времени;
- время срабатывания защитных устройств;
- сопротивление изоляции токоведущих частей, с которыми возможно соприкосновение человека;
- электрическая прочность высоковольтных цепей.

Оценку уровня качества продукции по показателям безопасности следует проводить с учетом выполнения норм, определяемых системой государственных стандартов по охране труда.

2.2. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Надежность является одним из наиболее важных критериев технико-экономической оценки разрабатываемых устройств.

Согласно [18] под надежностью следует понимать свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять все требуемые функции в заданных режимах и условиях применения.

Расчет надежности при проектировании выполняется обычно с использованием аналитических методов. Под расчетом надежности следует понимать определение численных значений показателей надежности по имеющимся исходным данным. Методика расчета показателей надежности различается в зависимости от того, являются ли рассматриваемые устройства ремонтируемыми или неремонтируемыми изделиями в процессе эксплуатации.

2.2.1. Расчет надежности неремонтируемых систем

Для определения показателей надежности объекта, состоящего из нескольких элементов, составляется структурная схема надежности – условная схема, которая учитывает влияние отказов отдельных элементов и связей между ними на работоспособность системы в целом. Например, асинхронный электродвигатель в структурной схеме надежности может быть представлен корпусом, обмоткой статора, ротором, подшипниками. Может быть и более мелкая градация элементов. При составлении структурной схемы надежности предполагается, что отказы элементов независимы и система в целом может находиться в одном из двух состояний: работоспособном или неработоспособном. При последовательном соединении элементов отказ любого из них приводит к отказу всей системы.

Основными, наиболее часто применяемыми количественными характеристиками неремонтируемых устройств являются вероятность безотказной работы $P(t)$ и наработка до отказа T_1 . Задача расчета надежности при проектировании заключается в расчете этих показателей по известным величинам интенсивностей отказов элементов $\lambda_i(t)$.

При расчетах надежности проектируемого устройства предполагается показательный закон распределения моментов отказов. Если в устройстве нет зарезервированных элементов, то для него суммарная интенсивность отказов с учетом отдельных элементов, входящих в систему:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (2.7)$$

где n – общее число элементов, входящих в устройство.

В технической литературе [13, 31] (см. также приложение А) приводятся значения интенсивностей отказов элементов $\lambda_{ин}$ при номинальном режиме их загрузки и климатических условиях использования, например $T = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 5\%$, а также значения поправочных коэффициентов, учитывающих возможность их работы при условиях, отличных от номинальных условий эксплуатации. С учетом этого:

$$\lambda_i = \lambda_{ин} \prod_{\beta=1}^B K_\beta, \quad (2.8)$$

где B – общее число поправочных коэффициентов;
 K_β – значение β -го поправочного коэффициента.

Вероятность безотказной работы при последовательном соединении элементов:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t) = e^{-\int_0^t \Lambda_0(t) dt}, \quad (2.9)$$

где $\Lambda_0(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(t)$.

В частном случае, когда интенсивность отказов можно считать постоянной (для экспоненциального закона наработки до отказа):

$$\Lambda_0 = \Lambda = const \quad \text{и} \quad P(t) = e^{-\Lambda t}. \quad (2.10)$$

Наработка до отказа:

$$T_1 = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (2.11)$$

При экспоненциальном законе наработки до отказа:

$$T_1 = 1 / \lambda. \quad (2.12)$$

Пример 2.1. Рассчитать показатели надежности импульсного источника питания АТС, структурная схема надежности которого показана на рисунке 2.1



Рисунок 2.1 - Структурная схема надежности источника электропитания АТС

Решение. В целом рассматриваемое устройство представляет набор последовательно соединенных элементов, отсутствует резервирование и выход из строя каждого из них приводит к отказу источника электропитания. Каждый из блоков состоит из последовательно соединенных радиоэлементов, общая номенклатура которых приведена в таблице 2.1. Интенсивность отказов отдельных элементов взята по приложению А.

При расчете суммарной интенсивности отказов необходимо учесть поправочные коэффициенты: K_t – температурный коэффициент, K_c – коэффициент окружающей среды, K_n – коэффициент нагрузки. Считаем, что температура элементов спроектированного источника питания не выходит за 70°C и из таблицы 2.3 [43] находим $K_t = 1,5$. Так как источник электропитания эксплуатируется в закрытом отапливаемом помещении, то из таблицы 2.4 [43] находим $K_c = 1$. Коэффициент нагрузки выберем из таблицы 2.5 [43] с учетом следующих соображений: в режиме максимальной выходной мощности коэффициент использования элементов не превышает 0,8, время работы устройства не превышает 5% общего времени работы.

Результаты расчета суммарной интенсивности отказов сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты расчета суммарной интенсивности отказов источника электропитания

Наименование элемента	$n_i, ед$	$\lambda_{ин} \times 10^{-6}, ч^{-1}$	K_t	K_c	K_n	$\lambda_i = n_i \lambda_{ин} K_t K_c K_n \times 10^{-6}, ч^{-1}$
1. Конденсаторы электролитические	24	0,035	1,5	1	1,5	1,89
2. Конденсаторы керамические	8	0,015	1,5	1	1,5	0,27
3. Предохранители	3	0,5	1,5	1	1,1	0,247
4. Контактор	1	0,1	1,5	1	1,1	0,16
5. Резисторы	46	0,043	1,5	1	1,2	3,56
6. Тумблер	1	0,07	1,5	1	1,1	0,12
7. Трансформаторы	5	0,025	1,5	1	1,3	0,24
8. Силовые диоды	8	0,2	1,5	1	1,1	2,64
9. Импульсные диоды	29	0,16	1,5	1	1,1	7,66
10. Тиристор	1	0,1	1,5	1	1,1	0,16
11. Фильтры проходные	6	0,03	1,5	1	1,3	0,35
12. Микросхема	1	0,01	1,5	1	1,3	0,02
13. Транзисторы силовые	8	1,91	1,5	1	1,3	29,8
14. Транзисторы маломощные	8	0,4	1,5	1	1,3	6,24
15. Дроссели	4	0,34	1,5	1	1,3	2,65
16. Разъемы	2	0,07	1,5	1	1,3	0,27
17. Паяные соединения	250	0,001	1,5	1	1,3	0,49

Суммарная интенсивность отказов:

$$A = \sum_{i=1}^{17} \lambda_i = 56,77 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}.$$

Вероятность безотказной работы источника электропитания в течение года:

$$P(t) = e^{-56,77 \cdot 10^{-6} \cdot 8760} = e^{-0,497} = 0,61.$$

Наработка до отказа:

$$T_1 = \frac{1}{A} = \frac{1}{56,77 \cdot 10^{-6}} = 17615 \text{ ч.}$$

Расчет надежности при наличии в схеме параллельно соединенных элементов ведется с использованием более сложных аналитических зависимостей. Параллельное включение элементов является эффективным способом повышения надежности устройства. Однако при резервировании

оборудование усложняется, возрастают габариты и масса, потребляемая мощность и стоимость.

Существует несколько способов резервирования. Резервирование называется общим, если резервируется вся система. Резервирование называется раздельным, если резервируются отдельные элементы.

По способу включения резервных элементов различают постоянное резервирование и резервирование замещением. При постоянном резервировании резервные элементы подключаются к основным в течение всего времени работы и находятся в одинаковом с ними режиме. При резервировании замещением резервные элементы подключаются на место основного после его отказа и принимают на себя его функции. При включении резерва замещением резервные элементы до момента включения их в работу могут находиться в различных режимах: в режиме нагруженного резерва, когда условия работы резервных элементов совпадают с условиями работы основных элементов; в режиме ненагруженного резерва, когда условия работы резервных элементов таковы, что их ресурсы практически начинают использоваться только после их включения на место основного. При резервировании замещением обязательно использование коммутационных устройств для подключения резервных элементов взамен отказавших.

Если объект содержит несколько одинаковых устройств, то нет необходимости иметь резерв для каждого из них, а можно использовать один или несколько. Такой способ называется скользящим резервированием.

Структурные схемы резервированной системы показаны на рисунке 2.2.

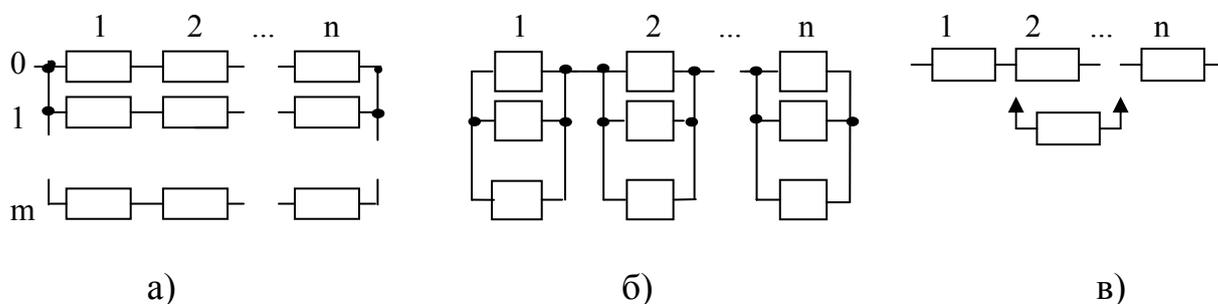


Рисунок 2.2 – Структурные схемы надежности резервируемых систем: а – общее резервирование; б – раздельное резервирование; в – скользящее резервирование

Количественные характеристики надежности при различных способах резервирования определяется следующим образом.

Для общего резервирования:

Система с постоянным включением резерва будет нормально функционировать при сохранении работоспособности хотя бы одной из цепей.

Вероятность безотказной работы такой системы:

$$P(t) = 1 - \prod_{j=0}^m [1 - \prod_{i=1}^n p_{ij}(t)]. \quad (2.13)$$

Наработка до первого отказа вычисляется по формуле:

$$T_1 = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (2.14)$$

Для случая, когда основная и резервная цепи имеют одинаковую надежность:

$$P(t) = 1 - [1 - \prod_{i=1}^n P_i(t)]^{m+1}. \quad (2.15)$$

При экспоненциальном законе надежности, когда основная и все резервные цепи равнонадежны и время наработки до первого отказа всех элементов подчинено экспоненциальному закону распределения:

$$P(t) = 1 - (1 - e^{-\Lambda t})^{m+1}, \quad (2.16)$$

где $\Lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ – интенсивность отказов последовательной цепи.

Недостаток общего резервирования с постоянным включением резервной системы заключается в значительном увеличении объема используемого оборудования. Его рекомендуется применять при небольшой кратности резервирования (наибольший выигрыш имеет место при $m = 1$). Основные достоинства метода – простота и экономичность.

При включении резерва замещением необходимо учитывать режимы работы резервных элементов, которые могут быть различными. Аналитические методы расчета показателей надежности в этом случае достаточно громоздки. Поэтому на практике обычно ограничиваются случаем, когда наработка до первого отказа элементов в системе подчиняется экспоненциальному закону распределения. При этом случайный процесс, происходящий в системе, является марковским и для расчета надежности можно воспользоваться математическим аппаратом теории марковских случайных процессов.

Вероятность безотказной работы и наработку до отказа при включении резерва замещением и нагруженного состояния резервных элементов и наработку до первого отказа можно определить по ранее приведенным формулам для общего резервирования с постоянным включением резерва (формулы 2.14, 2.15).

При ненагруженном общем резерве вероятность безотказной работы системы, состоящей из m резервных цепей, определяется по формуле

$$P(t) = e^{-\Lambda t} \sum_{j=0}^m \frac{(\Lambda t)^j}{j!}, \quad (2.17)$$

где Λ – интенсивность отказов нерезервированной цепи;
 m – число резервных цепей.

Наработка до отказа равна:

$$T_1 = T_{1o}(m + 1), \quad (2.18)$$

где T_{1o} – наработка до отказа основной (нерезервированной цепи).

Пример 2.2. Вычислительное устройство содержит устройство ввода, процессор, память, устройство вывода. Отказ любого из узлов приводит к отказу всего устройства. Для каждого из узлов справедлив экспоненциальный закон распределения наработки до первого отказа. Заданы интенсивности отказов узлов:

$$\lambda_1 = \lambda_4 = 0,3 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}; \quad \lambda_2 = \lambda_3 = 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}.$$

Определить характеристики надежности устройства при общем резервировании. Рассмотреть варианты нагруженного и ненагруженного резервирования с $m = 1$. Принять контрольную аппаратуру и систему коммутации идеально надежной.

Решение. Определим характеристики надежности основной нерезервированной системы, содержащей четыре последовательно включенных элемента:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^4 \lambda_i = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}.$$

$$P_1(t) = e^{-\Lambda t} = e^{-0,8 \cdot 10^{-4} t}.$$

$$T_{o1} = \int_0^{\infty} P_1(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-0,8 \cdot 10^{-4} t} dt = 12500 \text{ ч}.$$

Нагруженное резервирование

Согласно (2.15) вероятность безотказной работы системы:

$$P_2(t) = 1 - [1 - P_1(t)]^2 = 1 - [1 - e^{-0,8 \cdot 10^{-4} t}]^2 = 2e^{-0,8 \cdot 10^{-4} t} - e^{-1,6 \cdot 10^{-4} t}.$$

Наработка до отказа:

$$T_{o2} = \int_0^{\infty} P_2(t) dt = 2 \int_0^{\infty} e^{-0,8 \cdot 10^{-4} t} dt - \int_0^{\infty} e^{-1,6 \cdot 10^{-4} t} dt = 25000 - 62500 = 18750 \text{ ч.}$$

Ненагруженное резервирование

В соответствии с (2.17) вероятность безотказной работы системы с ненагруженным резервом:

$$P_3(t) = e^{-\Lambda t} \sum_{j=0}^1 \frac{(\Lambda t)^j}{j!} = e^{-\Lambda t} (1 + \Lambda t) = e^{-0,8 \cdot 10^{-4} t} (1 + 0,8 \cdot 10^{-4} t).$$

Наработка до отказа:

$$T_{o3} = (m + 1) / \Lambda = \frac{2}{0,8 \cdot 10^{-4}} = 25000 \text{ ч.}$$

Структурная схема надежности системы с отдельным резервированием показана на рисунке 2.2 б. В данном случае объект может быть представлен в виде последовательного соединения n секций, каждая из которых содержит $m + 1$ параллельно включенных элементов. Система находится в состоянии работоспособности, если исправно работают все n секций. В свою очередь, отказ любой из секций наступает в том случае, если откажут все $m + 1$ элементов секций.

Вероятность безотказной работы системы с отдельным резервированием:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - \prod_{j=0}^m [1 - p_{ij}(t)] \right\}. \quad (2.19)$$

Так как основной и резервирующий его элементы могут быть равнонадежны, то можно записать:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - [1 - p_i(t)]^{m+1} \right\}. \quad (2.20)$$

При экспоненциальном законе наработки до отказа и при равной надежности элементов, входящих в одну секцию:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n \left[1 - (1 - e^{-\lambda_i t})^{m+1} \right]. \quad (2.21)$$

При включении резерва замещением целесообразно определить вероятность безотказной работы секции $P_i(t)$, рассмотренными выше методами, а затем определить вероятность безотказной работы последовательной системы:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t). \quad (2.22)$$

При смешанном соединении элементов для расчета надежности системы необходимо вначале определить вероятность безотказной работы ее составных частей, образующих схему основного соединения, затем найти вероятность безотказной работы всего устройства, на основании которой могут быть получены остальные характеристики надежности.

Для скользящего резервирования вероятность безотказной работы определяется по формуле

$$P(t) = \left[1 + n \frac{\lambda_i}{\lambda_n} (1 - e^{-\lambda_n t}) \right] e^{-n\lambda_i t}, \quad (2.23)$$

где λ_n – интенсивность отказов переключающих устройств.

Наработка до отказа вычисляется по общей формуле:

$$T = \int_0^{\infty} P(t) dt.$$

Пример 2.3. Дана структурная схема блока пускорегулирующей аппаратуры (рисунок 2.3). Известны вероятности безотказной работы, входящих в нее элементов (указаны на рисунке). Требуется найти вероятность безотказной работы всей системы в целом, если режим работы основных и резервных элементов одинаков.

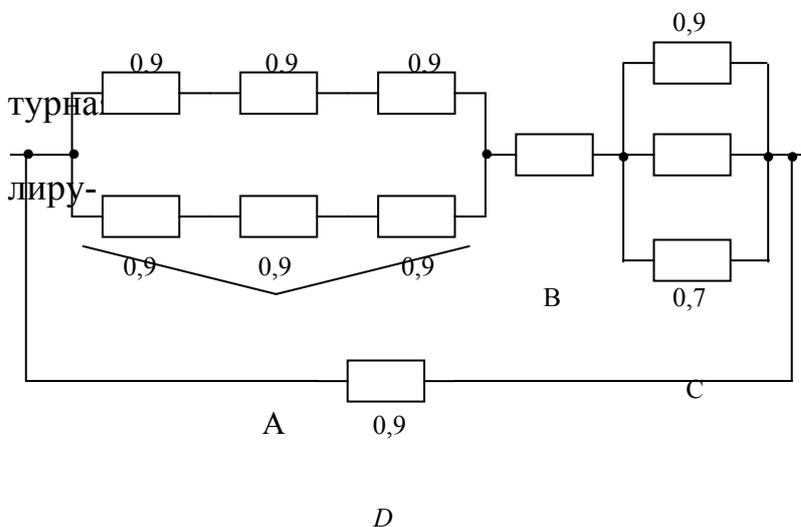


Рисунок 2.3 – Структурная схема блока пускорегулирующей аппаратуры

Р е ш е н и е. Представленная система состоит из двух параллельных цепей (цепи ABC и D) различной надежности. Разберем цепочку ABC, которая состоит из трех блоков.

Используя формулу (2.15), определим надежность блока A:

$$P_A = 1 - (1 - 0,9^3)^2 \approx 0,93.$$

Блок B нерезервируемый и имеет надежность $P_B = 0,8$. Вероятность безотказной работы блока C определяем из (2.20):

$$P_C = 1 - (1 - 0,9)(1 - 0,8)(1 - 0,7) = 0,994.$$

Вероятность безотказной работы цепочки ABC:

$$P_{ABC} = P_A P_B P_C = 0,93 \cdot 0,8 \cdot 0,994 = 0,74.$$

Результирующая вероятность безотказной работы всей резервированной системы будет:

$$P_{\Sigma} = 1 - (1 - P_{ABC})(1 - P_D) = 1 - (1 - 0,74)(1 - 0,9) = 0,974.$$

2.2.2. Расчет надежности ремонтируемых систем

Для ремонтируемой в процессе эксплуатации аппаратуры помимо приведенных параметров количественной оценки надежности применяются также среднее время простоя (восстановления), интенсивность восстановления изделий, готовность устройства к восстановлению.

Согласно приведенной в [19] номенклатуре показателей надежности электротехнических устройств для общего режима эксплуатации в качестве обобщенного показателя качества рекомендуется использовать коэффициент готовности (k_2). Коэффициент готовности характеризует долю времени в течение которого система работоспособна, а коэффициент простоя – долю времени, в течение которого она ремонтируется.

Исследование случайных процессов, протекающих в ремонтируемых системах с ненадежными элементами, при известных условиях может быть проведено методами теории непрерывных марковских цепей. При анализе надежности целесообразно рассматривать ремонтируемые системы как системы массового обслуживания, в которых поток заявок на обслуживание представляет собой поток отказов аппаратуры, каналами обслуживания являются ремонтные бригады, восстанавливающие работоспособность устройств.

Теория марковских случайных процессов базируется на том, что в большинстве случаев поток отказов элементов является простейшим, а время восстановления подчиняется экспоненциальному закону.

Метод сочетается с представлением структуры схемы в виде графа состояний и переходов. Установка без резервирования может находиться в двух состояниях: E_0 – работоспособное, E_1 – неработоспособное. Если λ – интенсивность отказов, μ – интенсивность восстановления, то граф переходов будет иметь вид, показанный на рисунке 2.4.

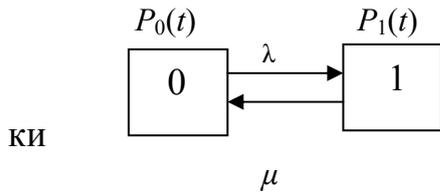


Рисунок 2.4 – Граф состояний установ-

Система дифференциальных уравнений относительно вероятностей переходов имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dP_0}{dt} = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t); \\ \frac{dP_1}{dt} = -\mu P_1(t) + \lambda P_0(t). \end{cases} \quad (2.24)$$

При начальных условиях $P_0(0) = 1, P_1(0) = 0$ и условии, что события E_1 и E_0 представляют полную группу событий, система уравнений (2.24) решается следующим образом:

используя преобразование Лапласа, можно записать:

$$\begin{cases} sP_0(s) = -\lambda P_0(s) + \mu P_1(s); \\ sP_1(s) = -\mu P_1(s) + \lambda P_0(s). \end{cases} \quad (2.25)$$

Методом подставки определяем:

$$P_0(s) = \frac{s + \mu}{(s + \lambda + \mu)s}. \quad (2.26)$$

Коэффициент готовности как вероятность нахождения в работоспособном состоянии $k_z = P_0(t)$ получим обратным преобразованием Лапласа:

$$k_z = P_0(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\mu + \lambda} e^{-(\lambda + \mu)t}. \quad (2.27)$$

При значении t , стремящемся к бесконечности, устанавливается стационарный режим и $P_0(t)$ перестает зависеть от времени. В этом случае:

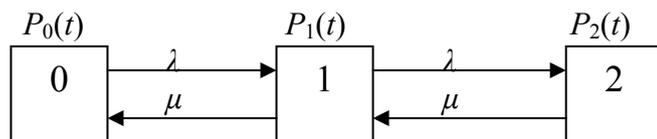
$$k_2 = \frac{\mu}{\lambda + \mu}. \quad (2.28)$$

Таким образом, величина $P_0(\infty)$ и есть оценка коэффициента готовности k_2 .

Сложнее решается задача определения показателей надежности при наличии резервирования в системе. Но методический подход остается тем же, т.е. составляется граф состояний, по нему система дифференциальных уравнений Колмогорова, представляющая собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений, записанных в форме уравнений состояния. Она может быть составлена по виду графа состояний формальным путем. Решение таких уравнений в ряде случаев осуществляется с использованием стандартных программ, реализуемых на ЭВМ. Весьма удобным будет использование преобразования Лапласа (в том числе и машинно реализуемого). Однако зачастую задача упрощается путем перехода к предельным вероятностям и сведения полученной системы дифференциальных уравнений к системе алгебраических уравнений.

Пример 2.4. Написать выражение для определения коэффициента готовности электродвигателя транспортера, имеющего ненагруженный резерв. Дополнительные условия $\lambda = \text{const}$, $\mu = \text{const}$, режим установившийся, надежность переключающих устройств абсолютная.

Решение. 1. Размеченный граф состояний системы имеет вид



2. Система дифференциальных уравнений для установившегося режима и условие нормировки:

$$\begin{cases} \lambda P_0 + \mu P_1 = 0; \\ \lambda P_0 + \mu P_2 - (\lambda + \mu)P_1 = 0; \\ \lambda P_1 - \mu P_2 = 0; \\ P_0 + P_1 + P_2 = 1. \end{cases} \quad (2.29)$$

3. Определив методом подстановки P_0 , P_1 , P_2 , запишем выражение для коэффициента готовности:

$$k_2 = P_0 + P_1 = \frac{\mu^2 + \lambda\mu}{\mu^2 + \lambda\mu + \lambda^2}. \quad (2.30)$$

Уравнения марковских процессов дают возможность получать как вероятности состояний, так и вероятности тех или иных событий, например, вероятность отказа. В последнем случае искомое событие связывают с попаданием в поглощающее состояние.

Основной недостаток расчета показателей надежности ремонтируемых систем с использованием аппарата теории массового обслуживания заключается в необходимости рассмотрения большого числа состояний. Общее их количество равно 2^n , где n – число элементов. Для успешного решения таких задач применяется ЭВМ.

2.2.3. Расчет надежности по статистическим данным об отказах электрооборудования

Посредством сбора и обработки информации об отказах определяются причины отказов, корректируются данные по интенсивностям отказов типовых элементов, оптимизируется работа электротехнической службы по созданию необходимого резервного фонда. Статистические данные учитываются при определении сроков проведения технических обслуживаний и текущих ремонтов, расчете численности обслуживающего персонала.

В практике работы электротехнических служб сведения об отказах электрооборудования фиксируются в специальных журналах. При этом должны указываться: тип, марка оборудования, время наступления отказа, причина, время восстановления работоспособного состояния. Формы документов должны предусматривать возможность обработки информации на ЭВМ.

Расчет надежности по статистическим данным может проводиться либо в процессе испытаний на надежность, либо на основе опыта эксплуатации.

Наиболее типичная постановка задачи при экспериментальной оценке надежности – определение вида функции распределения и параметров распределения исследуемой случайной величины.

Обработка полученного статистического материала ведется в следующей последовательности. Сначала составляется таблица потока отказов, а затем исходные данные группируют в вариационный ряд в порядке возрастания значений случайной величины.

Пример 2.5. Построить вариационный ряд для потока отказов, приведенного в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Поток отказов

Номер отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка, ч	65	97	165	119	36	272	77	96	194	8

Решение. Расположим значения случайной величины наработки до отказа в порядке возрастания, получим вариационный ряд, представленный ниже в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Вариационный ряд

Номер отказа	10	5	1	7	8	2	4	3	9	6
Наработка, ч	8	36	65	77	96	97	119	165	194	272

При большом числе наблюдений (порядка сотен) вариационный ряд перестает быть удобной формой записи статистического материала. Для удобства его использования он подвергается дополнительной обработке. Весь диапазон полученных значений случайной величины делится на интервалы и подсчитывается количество членов выборки, приходящихся на каждый интервал. Это число делится на общее число наблюдений и определяется частота, соответствующая данному разряду. Сумма частот всех разрядов должна быть равна единице.

Полученный статистический ряд оформляется в виде гистограммы, которая строится следующим образом. По оси абсцисс откладываются разряды, и на каждом из них строится прямоугольник, площадь которого равна частоте данного разряда.

Пример 2.6. Проведено обследование длительности внезапных отключений воздушных линий 10 кВ района электрических сетей. Результаты сведены в статистический ряд (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Статистический ряд длительности отключений электрических сетей

Δt_i , ч	0 – 1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5	5 – 6	6 – 7	7 – 8
Δn_i	66	41	30	18	9	6	4	2
p_i^*	0,38	0,23	0,17	0,1	0,051	0,034	0,022	0,011

Построить гистограмму.

Решение. 1. Вычисляем частоты для каждого i -го разряда по формуле

$$p_i^* = \Delta n_i / N,$$

где $N = 176$ – общее число наблюдений;

Δn_i – число отключений в данном интервале.

Результаты расчетов p_i^* приведены в таблице 2.4.

2. Строим гистограмму (рисунок 2.5).

По виду гистограммы выдвигают гипотезу о предполагаемом законе распределения случайной величины и определяют его параметры.

Определяют теоретические вероятности попадания исследуемой величины в каждый интервал, строят теоретическую кривую.

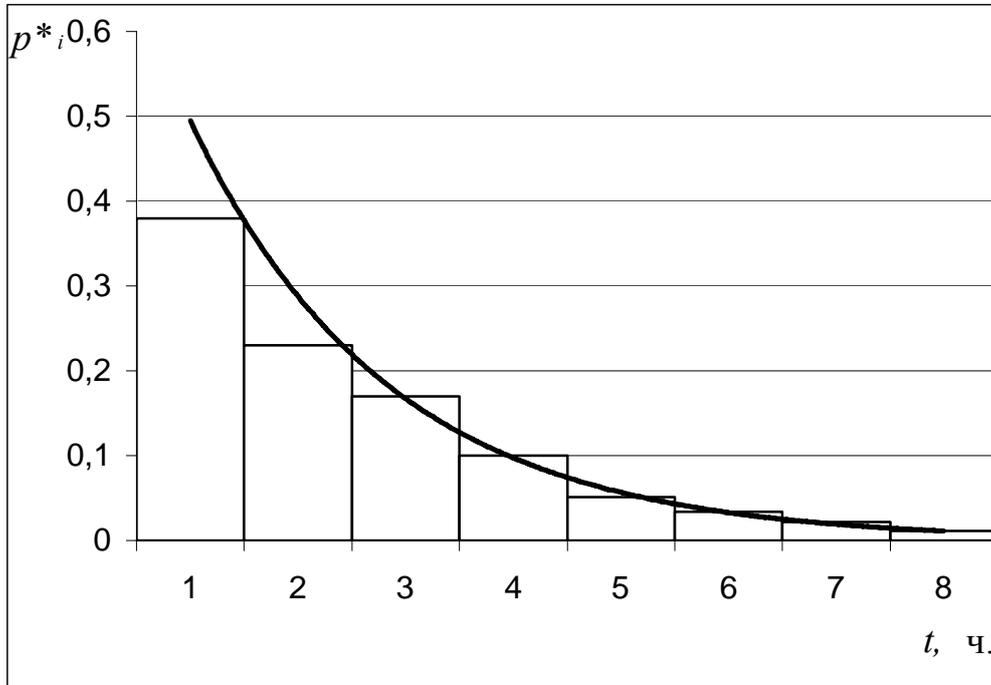


Рисунок 2.5 – Гистограмма длительности отключений линий 10 кВ

При построении гистограммы с выравнивающей ее кривой и статистическим распределением имеется расхождение. На практике такое расхождение всегда неизбежно. Следовательно, возникает вопрос о согласовании теоретического и статистического распределений. Такая проверка осуществляется по критериям согласия. Наиболее часто используется критерий Колмогорова и χ^2 –Пирсона.

При применении критерия Колмогорова в качестве меры расхождения между теоретическим и статистическим распределениями рассматривается максимальное значение модуля разности между теоретической и экспериментальной функциями. Условие соответствия определяется формулой

$$\Delta x = \Delta F \sqrt{N} \leq 1, \quad (2.31)$$

где $\Delta F = \max[F^*(t) - F(t)]$ – наибольшее отклонение экспериментальной кривой от теоретической;

N – количество экспериментальных данных.

Недостаток рассматриваемого критерия – необходимость иметь не только вид функции распределения, но и ее параметры, что не всегда

встречается на практике. Использование только статистических данных может дать неверные результаты.

Критерий χ^2 – Пирсона не требует построения самого закона распределения. Достаточно задаться только общим видом функции $F(t)$, а входящие в нее числовые параметры определяются по данным эксперимента. При использовании критерия согласия χ^2 – Пирсона определяется мера расхождения:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\Delta n_i - Np_i)^2}{Np_i}, \quad (2.32)$$

где k – число интервалов статистического ряда;

p_i – вероятность попадания случайной величины в i -й интервал, вычисленная для теоретического распределения;

N – число испытаний.

Для применения критерия χ^2 – Пирсона необходимо, чтобы $N \geq 50 \dots 60$, $k > 6 \dots 8$. Распределение χ^2 зависит от числа степеней свободы $s = k - z - 1$, где z – число вычисляемых параметров распределения. По таблицам, приводимым в литературе по теории вероятностей и математической статистике, для каждого значения χ^2 и s можно найти вероятность того, что за счет случайных причин мера расхождения теоретического и экспериментального распределения будет не меньше, чем фактическое значение χ^2 . Если $P_s > 0,1$, то обычно считают, что теоретическое распределение не противоречит экспериментальным данным.

Пример 2.7. По данным вариационного ряда (таблица 2.4) проверить гипотезу об экспоненциальном распределении времени восстановления, используя критерий χ^2 – Пирсона.

Решение. 1. Определяем среднее время восстановления:

$$T_g^* = \sum_{i=1}^k t_i p_i^* = 0,38 \cdot 0,5 + 0,23 \cdot 1,5 + 0,17 \cdot 2,5 + 0,1 \cdot 3,5 + 0,051 \cdot 4,5 + 0,034 \cdot 5,5 + 0,022 \cdot 6,5 + 0,011 \cdot 7,5 = 1,95 \text{ ч.}$$

2. вычисляем значения теоретической кривой по формуле

$$F(t) = Q(t) = 1 - e^{-t/T_g^*}.$$

3. Последовательно определяем промежуточные величины, необходимые для получения χ^2 (таблица 2.5). При этом величины p_i берутся равными приращению функции распределения $F(t)$ на i -м участке.

Таблица 2.5 – Результаты расчетов для определения критерия χ^2 – Пирсона

$\Delta t_i, ч$	0 – 1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5	5 – 6	6 – 7	7 – 8
Δn_i	66	41	30	18	9	6	4	2
$F(t)$	0,4	0,64	0,785	0,871	0,92	0,95	0,97	0,982
p_i	0,4	0,24	0,145	0,086	0,05	0,03	0,022	0,011
Np_i	70	42	25	15	9	5	4	2
$(\Delta n_i - Np_i)^2$	16	1	25	9	0	1	0	0
$\frac{(\Delta n_i - Np_i)^2}{Np_i}$	0,23	0,02	1	0,6	0	0,2	0	0

4. По формуле $\chi^2 = \sum_{i=1}^8 \frac{(\Delta n_i - Np_i)^2}{Np_i}$ определяем:

$$\chi^2 = 0,23 + 0,02 + 1 + 0,6 + 0,2 = 2,03.$$

5. Для $s = 8 - 1 - 1 = 6$ и $\chi^2 = 2,03$ (приложение Б) находим $P_s = 0,91$. Эта величина малой не является, и следовательно, гипотезу о том, что время восстановления подчинено экспоненциальному закону, можно считать правдоподобной.

Пример 2.8. Данные о наработке до отказа 201 электродвигателя сгруппированы в интервалы статистического ряда и приведены в таблице 2.6. Требуется оценить с помощью критерия χ^2 – Пирсона гипотезу о согласии принятого нормального распределения с экспериментальными данными.

Таблица 2.6 – Данные о наработке до отказа

Интервал	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Δt_i , ч.	0-1000	1000-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500	3500-4000	4000-4500	4500-5000	5000-6000
Δn_i	5	15	22	35	43	37	20	15	9
p_i^*	0,025	0,075	0,11	0,174	0,214	0,184	0,1	0,075	0,045
p_i	0,017	0,097	0,12	0,168	0,187	0,169	0,122	0,07	0,045
Np_i	3,4	19,5	23,9	33,8	37,6	34	24,5	14,1	9
$\frac{(\Delta n_i - Np_i)^2}{Np_i}$	0,75	1,04	0,15	0,04	0,79	0,26	0,82	0,06	0

Р е ш е н и е. 1. Вычисляем частоты $p_i^* = \Delta n_i / N$ попадания случайной величины наработки до отказа электродвигателя в i -ый интервал ($i = 1, 2, \dots, k$) статистического ряда. Результаты заносим в таблицу 2.6. Для каждого интервала определяем значение \bar{t}_i – середины интервала.

2. Вычисляем математическое ожидание и дисперсию случайной величины по данным статистического распределения:

$$m_t^* = \sum_{i=1}^k \bar{t}_i p_i^* \approx 3260 \text{ ч.} \quad D_t^* = \sum_{i=1}^k (\bar{t}_i - m_t^*)^2 p_i^*.$$

$$\sigma_i^* = \sqrt{D_i^*} = 1056 \text{ ч.}$$

3. Находим теоретические вероятности попадания случайной величины в интервалы статистического ряда по формуле

$$p_i = 1/2 \{ \Phi_0[(t_{i+1} - m_t^*) / 0,672\sigma_i^*] - \Phi[(t_i - m_t^*) / 0,672\sigma_i^*] \},$$

где $\Phi_0(x)$ – приведенная функция Лапласа;

t_i, t_{i+1} – границы интервала.

Полученные данные заносим в таблицу 2.6.

4. Проводим вычисление промежуточных данных Np_i и $(\Delta n_i - Np_i)^2 / Np_i$, необходимых для определения χ^2 , результаты заносим в таблицу 2.6.

5. По формуле (2.32) определяем:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^9 \frac{(\Delta n_i - Np_i)^2}{Np_i} = 3,91.$$

6. Число степеней свободы $s = k - u - 1 = 9 - 2 - 1 = 6$.

Из приложения Б для значения $\chi^2 = 3,91$ и числа степеней свободы $s = 6$ находим $P_s = 0,7$. Так как $P_s > 0,1$, то можно считать, что нормальное распределение не противоречит экспериментальным данным.

2.3 ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА В АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТАХ

2.3.1 Теоретические положения нового подхода к оценке экономической эффективности инвестиционных проектов

Основные теоретические положения и методические подходы оценки экономической эффективности инвестиционных проектов рассмотрены в «Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования» [42].

Показатели экономической эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные решения, принимаемые в проекте.

Эффективность инвестиционного проекта должна определяться на основе денежного потока, представляющего собой зависимость от времени денежных поступлений и платежей для всего расчетного периода.

При проведении экономических обоснований за расчетный период принимается временной интервал от начала действия проекта до его окончания. Расчетный период целесообразно разбить на шаги $(0, 1, \dots, m, \dots, n)$, используемые для оценки финансовых показателей. Разбивка обычно ведется для временного интервала год (квартал, месяц). Время в расчетном периоде измеряется в годах или долях года и отсчитывается от фиксированного момента времени $t_0 = 0$, принимаемого за базовый. Обычно в качестве базового выбирается начало нулевого шага, а момент начала шага m обозначается t_m . При сравнении нескольких проектов базовый момент рекомендуется выбирать одним и тем же.

Значение денежного потока обозначается $\Phi(t)$, если оно относится к моменту времени t или $\Phi(m)$, если оно относится к m -му шагу.

На каждом шаге значение денежного потока характеризуется: притоком, равным размеру денежных поступлений (результатов в стоимостном выражении) и оттоком, равным платежам на этом шаге. К притокам обычно относится выручка от реализации продукции, а также другие поступления. К оттокам – производственные издержки и налоги.

Согласно методическим рекомендациям [42] при оценке инвестиционных проектов приведение разновременных (относящихся к разным ша-

гам расчета) значений денежного потока к ценности на начальный период $t_0 = 0$ осуществляется путем дисконтирования. При этом, в принципе, момент приведения может и не совпадать с базовым.

Термин «дисконтирование» широко употребляется в финансовой практике. Под ним можно понимать способ нахождения суммы P на некоторый момент времени t при условии, что в будущем при начислении на нее процентов, она могла бы составить наращенную сумму S . Величину P , найденную дисконтированием наращенной величины S называют приведенной величиной. С помощью дисконтирования в финансовых вычислениях учитывается фактор времени.

Для приведения разновременных затрат, результатов и эффектов используется норма дисконта (E), равная норме дохода на капитал и выраженная в долях единицы или процентах в год.

Технически приведение денежного потока к базисному (обычно начальному) моменту времени осуществляется путем умножения его на коэффициент дисконтирования α_m , определяемый для постоянной нормы дисконта E :

$$\alpha_m = \frac{1}{(1 + E)^m}, \quad (2.33)$$

где m – номер шага расчета ($m = 1, 2, \dots, n$).

Если же норма дисконта меняется во времени и на шаге m равна E_m , то коэффициент дисконтирования определяется по формуле:

$$\alpha_0 = 1; \\ \alpha_m = \frac{1}{\prod_{k=1}^m (1 + E_k)}, \quad \text{при } m > 0. \quad (2.34)$$

В рыночной экономике при использовании собственного капитала норма дисконта определяются исходя из депозитного процента по вкладам, а на практике она выше этого процента за счет инфляции и риска, связанного с инвестициями. В случае, когда весь капитал заемный, норма дисконта представляет собой соответствующую процентную ставку, определяемую условиями процентных выплат и погашений по займам.

Норма дисконта – основной экономический норматив, используемый при дисконтировании, выражаемая в долях единицы или процентах в год. Норма дисконта является экзогенно задаваемым основным экономическим нормативом, используемым при оценке эффективности инвестиционного проекта.

В отдельных случаях значение нормы дисконта может выбираться различным для разных шагов расчета (переменная норма дисконта). Это может быть целесообразно в случаях:

- переменного во времени риска;

- переменной по времени структуры капитала при оценке коммерческой эффективности ИП.

Различаются следующие нормы дисконта: коммерческая, участника проекта, социальная и бюджетная.

Коммерческая норма дисконта применяется при оценке коммерческой эффективности проекта; она определяется с учетом альтернативной (т.е. связанной с другими проектами, например, вложение капитала в банк) эффективности использования капитала.

Норма дисконта участника проекта отражает эффективность участия в проекте предприятий (или иных участников). Она выбирается самими участниками. При отсутствии четких предпочтений в качестве нее можно использовать коммерческую норму дисконта.

Социальная (общественная) норма дисконта применяется при расчетах показателей общественной эффективности и характеризует минимальные требования общества к общественной эффективности проектов. Она считается национальным параметром и должна устанавливаться централизованно органами управления экономикой России в увязке с прогнозами экономического и социального ее развития.

Временно до централизованного установления социальной нормы дисконта в качестве нее может выступать коммерческая норма дисконта, используемая для оценки эффективности проекта в целом.

В расчетах региональной эффективности социальная норма дисконта может корректироваться органами управления региона.

Бюджетная норма дисконта используется при расчетах показателей бюджетной эффективности и отражает альтернативную стоимость бюджетных средств. Она устанавливается органами (федеральными или региональными), по заданию которых оценивается бюджетная эффективность ИП.

Очевидно, что в нашем случае необходимо использовать коммерческую норму дисконта. В нормативной литературе указывается необходимость учета темпов инфляции и рисков при расчете нормы дисконта.

При этом норму дисконта можно определить как [47]:

$$E = \frac{1+r}{1+i} + p - 1, \quad (2.35)$$

где r – ставка рефинансирования, установленная Центробанком на текущий год (ставка кредитования коммерческих банков ЦБРФ);

i – темпы инфляции;

p – поправка на риск.

Приблизительная поправка на риск, в зависимости от целей инвестиционного проекта, оценена экспертным путем и представлена в таблице 2.7.

Величина $\frac{1+r}{1+i}$ в формуле (2.35) меняется по годам незначительно [66], т.о. норма дисконта E зависит, прежде всего, от «рисковости» проекта.

Таблица 2.7 – Среднестатистическая поправка на риск

Величина риска	Пример цели проекта	P
Низкий	Вложения при интенсификации производства на базе освоенной техники.	0,03 ... 0,05
Средний	Увеличение объема продаж существующей продукции или услуг.	0,08 ... 0,1
Высокий	Производство и продвижение на рынок нового продукта (нового вида услуг).	0,13 ... 0,15
Очень высокий	Вложения в исследования и инновации	0,18 ... 0,2

К примеру, замена устаревшего оборудования на более современное и надежное без расширения производства можно отнести к инвестиционным проектам с низким уровнем риска. В то же время, подобная замена, целью которой является, в первую очередь, расширение производства уже относится к проектам со средним уровнем риска.

Пример 2.9. Банковская ставка рефинансирования на текущий год составляет 19,5% при годовых темпах инфляции – 13 %. Определить норму дисконта для проекта, связанного с реконструкцией электроремонтного предприятия предусматривающей новый вид услуг – ремонт сварочного оборудования.

Р е ш е н и е.

Поскольку идет речь о предоставлении нового вида услуг для рассматриваемого ЭРП, то проект необходимо отнести к высокорисковым ($p = 18 \dots 20\%$).

Таким образом, норма дисконта определится как:

$$E = \frac{1 + 0,195}{1 + 0,13} + 0,18 \dots 0,2 - 1 = 0,238 \dots 0,258 \text{ (24 \dots 26\%)}$$

В мировой практике наибольшее распространение получил метод оценки экономической эффективности инвестиционного проекта с использованием следующих четырех показателей: чистого дисконтированного дохода, индекса доходности, внутренней нормы доходности и срока окупаемости капитальных вложений.

Наиболее общим и правильным является использование всех четырех взаимосвязанных показателей. При этом чистый дисконтированный доход – один из важнейших показателей и критериев эффективности, который в ряде случаев выступает как самостоятельная и единственная характеристика.

2.3.2 Чистый дисконтированный доход как основной показатель экономической эффективности инвестиционного проекта

Чистый дисконтированный доход (*ЧДД*) характеризует превышение суммарных денежных поступлений над суммарными затратами для данного проекта с учетом неравномерности эффектов (затрат, результатов), относящихся к различным моментам времени.

Основой для исчисления чистого дисконтированного дохода является «План денежных потоков», который строится путем анализа денежных притоков и оттоков. Чистый дисконтированный доход рассчитывается по формуле [38, 52]

$$\text{ЧДД} = \sum_{m=0}^n \Phi_m \alpha_m . \quad (2.36)$$

Для признания проекта эффективным с точки зрения инвестора, необходимо, чтобы чистый дисконтированный доход (cash-flows) проекта был положительным. При проведении сравнительной оценки предпочтение следует отдать проекту с большим значением *ЧДД* (при выполнении условия его положительности). Очевидно, что при $\text{ЧДД} > 0$ проект следует принять, при $\text{ЧДД} < 0$ отвергнуть, а при $\text{ЧДД} = 0$ проект не прибылен, но и не убыточен.

Необходимо отметить, что *ЧДД* отражает прогнозную оценку изменения экономического потенциала предприятия в случае принятия рассматриваемого проекта. Этот показатель аддитивен во временном аспекте. Это очень важное свойство, выделяющее этот критерий из совокупности всех остальных и позволяющее использовать его в качестве основного при анализе оптимальности инвестиционного проекта.

Аналитическое выражение для определения *ЧДД* имеет следующий вид:

$$\text{ЧДД} = -K + \frac{\Pi_1}{(1+E)} + \frac{\Pi_2}{(1+E)^2} + \dots + \frac{\Pi_n}{(1+E)^n} , \quad (2.37)$$

где K – инвестиции, необходимые для реализации проекта;

$\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ – чистые денежные поступления, получаемые по отдельным годам от реализации проекта;

E – норматив приведения затрат к единому моменту времени (норма дисконта).

Среди ученых нет единого мнения по вопросу методики определения *ЧДД*. Одни из них считают, что нужно ориентироваться на чистую прибыль (прибыль за вычетом налога на прибыль), получаемую при реализации проекта, другие считают, что необходимо учитывать при расчете

амортизационные отчисления в виде притока денежных средств, т.е. не учитывать их в издержках.

Указанная позиция объясняется тем, что амортизационные отчисления – это средства, необходимые для осуществления процесса восстановления основных производственных фондов. Они остаются в распоряжении предприятия, т.е. это приток денежных средств, а не отток.

При этом в расчете чистых денежных поступлений необходимо учесть то, что амортизационные отчисления – это часть прибыли, необлагаемая налогом [38, 52].

$$П = (П_г - А) \left(1 - \frac{НП}{100} \right) + А, \quad (2.38)$$

где $П_г$ – годовая налогооблагаемая прибыль от реализации проекта, руб.;
 $А$ – амортизационные отчисления по основным фондам, руб.;
 $НП$ – налог на прибыль (в настоящее время принимается равным 24%).

Самый распространенный способ начисления амортизации – линейный, при котором стоимость оборудования списывается равными долями на протяжении его нормативного срока службы.

При этом амортизационные отчисления по основным производственным фондам можно вычислить по формуле

$$А = \sum_{j=1}^m K_{o.fj} \frac{a_j}{100}, \quad (2.39)$$

где $\overline{j, m}$ – перечень основных производственных фондов;
 $K_{o.fj}$ – стоимость j-го производственного фонда с учетом стоимости его транспортировки монтажа и наладки;
 a_j – годовая норма амортизационных отчислений по j-му основному фонду.

Величину ЧДД рекомендуется определять по следующей формуле:

$$ЧДД = \sum_{m=0}^n \frac{П_m}{(1 + E)^m} - \sum_{m=0}^n \frac{K_m}{(1 + E)^m}, \quad (2.40)$$

где $П_m$ – чистые денежные поступления, получаемые на m-том шаге;
 E – норма дисконта;
 K_m – капитальные вложения на m-том шаге.

n – расчетный период (срок функционирования проекта). В качестве расчетного периода может выступать нормативный срок службы эксплуатируемого оборудования или, если проект связан с информационными продуктами, срок морального старения таковых.

Расчеты по формуле (2.40) не представляют значительной сложности. При этом зачастую капитальные вложения носят единовременный характер, т.е. вносятся один раз на нулевом шаге расчетного периода и формула (2.40) приобретает вид:

$$ЧДД = \sum_{m=0}^n \frac{П_m}{(1+E)^m} - K, \quad (2.41)$$

где K – единовременные капитальные вложения

Пример 2.10. Для реализации проекта требуются инвестиции (капиталовложения), вносимые единовременно в размере 50 тыс. руб. Чистые денежные притоки по годам ориентировочно составят (тыс. руб.) 1-й год – 20; 2-й год – 22,5; 3-й год – 26; 4-й год – 32. Ставку дисконта принимаем 20%. Сделать вывод об экономической целесообразности проекта на основе ЧДД.

Решение. Чистый дисконтированный доход:

$$ЧДД = \frac{20}{(1+0,2)} + \frac{22,5}{(1+0,2)^2} + \frac{26}{(1+0,2)^3} + \frac{32}{(1+0,2)^4} - 50 = 12,8 \text{ тыс. руб.}$$

Поскольку ЧДД положителен, целесообразна реализация проекта.

В случае если к концу расчетного периода остается часть недоамортизированных основных фондов необходимо включить их остаточную стоимость в расчет ЧДД со знаком «+» в виде составляющего денежного потока на последнем шаге расчетного периода. Остаточную стоимость основных фондов случая линейной амортизации ориентировочно можно определить по формуле

$$C_{ост} = \sum_{j=1}^m K_j (1 - a_j n / 100), \quad (2.42)$$

где $j = \overline{1, m}$ – перечень имеющихся основных фондов (здания, оборудование и т.д.);

K_j – первоначальная стоимость основных фондов j -го вида;

a_j – норма амортизационных отчислений по j -му основному фонду, %;

n – расчетный период проекта, лет.

Пример 2.11. Для предыдущего примера рассчитать ЧДД с учетом того, что в конце расчетного периода остаточная стоимость основных производственных фондов составит 10 тыс. руб.

Решение.

$$ЧДД = \frac{20}{(1+0,2)} + \frac{22,5}{(1+0,2)^2} + \frac{26}{(1+0,2)^3} + \frac{32+10}{(1+0,2)^4} - 50 = 17,6 \text{ тыс. руб.}$$

Поток прибыли по инвестиционному проекту поступает не только в конце или начале года, но может быть распределен по месяцам, декадам, дням и другим подпериодам в зависимости от особенностей рассматриваемого проекта, а также от условий и сроков поступления соответствующих платежей. Поэтому для инвестиционных проектов определенного вида необходимо учесть распределение поступающих доходов в течение года.

При оценке подобных проектов обычно полагают, что поступающие доходы и производимые расходы равномерно распределены по t подпериодам в течение года. Подпериод поступления каждого платежа составляет ровно $1/t$ -ю часть года, и составляющие денежного потока рассматриваемого проекта вычисляются за каждый такой подпериод. Соответственно норма дисконта для каждого выделенного подпериода определяется как:

$$E_t = E/t, \quad (2.43)$$

где E – годовая норма дисконта.

Тогда при оценке и обосновании инвестиционных проектов указанного вида можно воспользоваться обычной формулой определения чистого дисконтированного дохода (2.40; 2.41), принимая в качестве нормы дисконта величину E_t , а за единицу периода – $1/t$ -ю часть года и полагая, что доходы поступают в конце каждого такого подпериода. Именно эти условия необходимо учитывать если объем доходов в разные периоды различен.

Более простые выражения для определения чистого дисконтированного дохода инвестиционного проекта можно получить, предположив, что платежи по проекту поступают в конце каждого подпериода одинаковыми суммами [14].

Пусть $\Pi_t = \text{const}$ – платеж за t -подпериод. Тогда, используя (2.41) за расчетный период n лет:

$$\begin{aligned} ЧДД &= \sum_{m=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+E_t)^m} - K = \Pi_t \sum_{m=1}^n \frac{1}{(1+E_t)^m} - K = \\ &= \Pi_t \frac{(1+E/t)^n - 1}{(E/t)(1+E/t)^n} - K = \Pi \frac{(1+E/t)^n - 1}{E(1+E/t)^n} - K, \end{aligned} \quad (2.44)$$

где Π – годовой платеж.

Пример 2.12. Инвестиционный проект приносит ежегодно прибыль в размере $\Pi = 400$ тыс. руб. в течение $n = 3$ года. Единовременные капитальные вложения в проект составляют 600 тыс. руб. Годовая норма дисконта $E = 24\%$. Необходимо определить чистый дисконтированный доход, если поступления осуществляются: а) раз в год; б) каждый квартал; в) каждый месяц.

$$\text{а) } ЧДД_1 = 400 \frac{(1 + 0,24)^3 - 1}{0,24(1 + 0,24)^3} - 600 = 192,5 \text{ тыс. руб.}$$

$$\text{б) } ЧДД_2 = 400 \frac{\left(1 + \frac{0,24}{4}\right)^{4 \cdot 3} - 1}{0,24 \left(1 + \frac{0,24}{4}\right)^{4 \cdot 3}} - 600 = 238,4 \text{ тыс. руб.}$$

$$\text{в) } ЧДД_3 = 400 \frac{\left(1 + \frac{0,24}{12}\right)^{12 \cdot 3} - 1}{0,24 \left(1 + \frac{0,24}{12}\right)^{12 \cdot 3}} - 600 = 249,6 \text{ тыс. руб.}$$

Из приведенных расчетов видно, что при сокращении периода поступления доходов увеличивается эффективность инвестиционного проекта. Для инвестора всегда выгоднее проекты с более короткими интервалами (лагами) между поступлениями дохода.

Для некоторых инвестиционных проектов могут быть характерны относительные сокращения периода между платежами, а иногда практически непрерывное их поступление. Например, строительство электроремонтного предприятия, предполагает, что выручка от предоставления услуг будет поступать в весьма короткий промежуток времени (по мере выполнения заказов) и можно говорить о непрерывном поступлении доходов. В таком случае при определении чистого дисконтированного дохода необходимо перейти от дискретного дисконтирования составляющих денежного потока к непрерывному. Для этого в формуле (2.44) продолжительность выделенного подпериода устремим к нулю, что эквивалентно стремлению к бесконечности числа выделенных подпериодов в течение года. Тогда [14]:

$$\begin{aligned}
\text{ЧДД} &= \lim_{t \rightarrow \infty} \left[\Pi \frac{(1 + E/t)^m - 1}{E(1 - E/t)^m} \right] - K = \frac{\Pi}{E} \lim_{t \rightarrow \infty} \left[\Pi \frac{(1 + E/t)^m - 1}{(1 - E/t)^m} \right] - K = \\
&= \frac{\Pi}{E} \frac{\lim_{t \rightarrow \infty} \left[\left(1 + \frac{E}{t}\right)^{t/E} \right]^{En} - 1}{\lim_{t \rightarrow \infty} \left[\left(1 + \frac{E}{t}\right)^{t/E} \right]^{En}} - K = \frac{\Pi}{E} \frac{e^{En} - 1}{e^{En}} - K = \frac{\Pi}{E} (1 - e^{-En}) - K
\end{aligned}
\tag{2.45}$$

Для преобразований была использована известная формула первого замечательного предела:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e.$$

Первое слагаемое в последнем члене равенства (2.45) представляет собой решение определенного интеграла вида:

$$\int_0^n \Pi e^{-Em} dm = \frac{\Pi}{E} (1 - e^{-En}). \tag{2.46}$$

Общее выражение чистого дисконтированного дохода с непрерывным денежным потоком в течение n лет можно записать в следующей форме:

$$\text{ЧДД} = \int_0^n \Pi e^{-Em} dm - K. \tag{2.47}$$

Формулы (2.46) и (2.47) показывают, что коэффициент e^{-En} при непрерывном дисконтировании представляет собой аналог коэффициента $1/(1+E)^m$ при дискретном дисконтировании.

Пример 2.13. Для предыдущего примера рассчитать ЧДД с учетом непрерывного поступления дохода. Воспользовавшись формулой (2.45) получим:

$$\text{ЧДД} = \frac{400}{0,24} (1 - e^{-0,24 \cdot 3}) - 600 = 255,4 \text{ тыс. руб.}$$

При непрерывном денежном поступлении дохода следует учитывать, что денежный поток в каждый момент времени может быть различным и для описания его используются специальные непрерывные функции $\Pi(m)$, которые получили название профиля доходов.

Для определения ЧДД по формуле (2.47) предполагаем, что профиль доходов является непрерывной функцией времени. Если каких-либо предположений относительно профиля будущих доходов не существует, то проще всего считать, что все непрерывно поступающие платежи имеют одинаковые значения, т.е. $\Pi = \text{const}$.

На практике при оценке непрерывно поступающих платежей для описания профиля доходов нередко используют линейные или экспоненциальные функции. Это означает, что:

$$\Pi(m) = am \text{ или, соответственно } \Pi(m) = \Pi_0 e^{bm},$$

где a, b , – числовые параметры, определяющие изменение прибыли во времени;

Π_0 – первоначальная прибыль.

При выборе профиля доходов исходят из соображения, что будущие доходы возрастают (например, увеличивается годовая производственная программа ЭРП). Если предположить, что эти доходы в каждый момент времени имеют одинаковый абсолютный прирост, то используется линейная функция; если ожидается постоянный темп прироста дохода – экспоненциальная. В общем случае профиль дохода выражается любыми непрерывными функциями, которые достаточно хорошо аппроксимируют потоки поступающих платежей и позволяют вычислять определенные интегралы.

Если профиль доходов некоторого инвестиционного проекта при непрерывном их поступлении известен, то его чистый дисконтированный доход, как и по формуле (2.47) можно определить следующим образом:

$$\text{ЧДД} = \int_0^n \Pi(m) e^{-Em} dm - K. \quad (2.48)$$

Например, если поток доходов начинается с некоторого $\Pi > 0$ и далее возрастает с постоянным темпом g , то функция чистого дисконтированного дохода такого проекта в конечный период n может быть записана в виде:

$$\text{ЧДД} = \int_0^n \Pi e^{gm} e^{-Em} dm - K = \frac{\Pi}{E - g} (1 - e^{-(E-g)n}) - K, \quad (2.49)$$

где $E > g$.

При невозможности определения профиля будущих доходов для расчета ЧДД допускается и рекомендуется использовать упрощенную формулу (2.40).

2.3.3 Индекс доходности, внутренняя норма доходности и срок окупаемости инвестиционных проектов

Индекс доходности (*ИД*) представляет отношение суммы приведенных эффектов к величине капитальных вложений.

$$ИД = \frac{\sum_{m=0}^n \frac{П_m}{(1+E)^m}}{\sum_{m=0}^n \frac{К_m}{(1+E)^m}}.$$

Или в более общей форме:

$$ИД = \frac{ЧДД + К}{К}. \quad (2.50)$$

Показатель индекс доходности тесно связан с *ЧДД*. При этом, если $ЧДД > 0$, то $ИД > 1$; и наоборот: если $ЧДД < 0$ – $ИД < 1$. Он строится из тех же элементов, что и *ЧДД*. Это означает, что, как критериальный показатель из двух рассмотренных (чистый дисконтированный доход и индекс доходности) можно использовать один. В дальнейшем ограничимся использованием *ЧДД*. Индекс доходности необходимо рассчитывать, если из ряда потенциальных инвестиционных проектов, в силу ограниченности финансовых ресурсов, необходимо выбрать несколько наиболее перспективных. Приоритет в данном случае отдается проектам с наиболее высоким уровнем *ИД*.

Пример 2.14. Для примера 2.12 рассчитать индекс доходности по общей формуле.

$ЧДД = 255,4$ тыс. руб., $К = 600$ тыс. руб. По формуле (2.50) получим:

$$ИД = \frac{225,4 + 600}{600} = 1,377 > 1.$$

Внутренняя норма доходности (норма рентабельности инвестиций). Под внутренней нормой доходности (*ВНД*) понимают значение ставки дисконтирования $E = E_{вн}$, при которой *ЧДД* проекта равен нулю. Схема расчета этого коэффициента при анализе инвестиционных проектов заключается в следующем: *ВНД* показывает максимально допустимый относительный уровень расходов, которые могут быть вложены в данный проект. Например, если проект финансируется за счет ссуды коммерческого банка, то значение *ВНД* показывает верхнюю границу допустимого уровня банковской процентной ставки, превышение которой делает

проект убыточным. Часто $ВНД$ используется для анализа степени устойчивости проекта к риску.

На практике инвестиционный проект может финансироваться из различных источников. В этом случае смысл показателя $ВНД$ заключается в том, что разработчик должен сравнить полученное значение $ВНД$ с ценой привлекаемых финансовых ресурсов ($СС$).

Если $ВНД > СС$, то проект следует принять, если $ВНД < СС$, то проект следует отвергнуть, если $ВНД = СС$ – проект не прибыльный и не убыточный.

Чтобы определить $ВНД$ для случая дискретных денежных поступлений нужно решить приводимое ниже уравнение относительно $E_{вн}$:

$$\sum_{m=0}^n \frac{П_m}{(1 + E_{вн})^m} - K = 0, \quad (2.51)$$

где K – дисконтированные капиталовложения (второе слагаемое уравнения 2.40);

$П_m$ – прибыль на m -м шаге.

Не обходимо помнить, что при непрерывном денежном потоке формула (2.51) соответствующим образом преобразуется.

$E_{вн}$ достаточно просто можно получить, если имеется одно поступление денежных средств и один платеж. Если же имеется ряд притоков и оттоков и они дисконтированы, аналитически уравнение относительно $E_{вн}$ не решается, а оценивается приближенно. Для этого используется специальный финансовый калькулятор. При его отсутствии может быть использован метод последовательных итераций с применением табулированных значений дисконтных множителей.

Расчет ведется с использованием уравнения

$$ВНД = E_1 + \frac{ЧДД(E_1)}{ЧДД(E_1) - ЧДД(E_2)}(E_2 - E_1), \quad (2.52)$$

где E_1 – значение процентной ставки в дисконтном множителе, минимизирующее положительное значение показателя $ЧДД$;

E_2 – значение процентной ставки в дисконтном множителе максимизирующее отрицательное значение $ЧДД$.

Сущность метода заключается в следующем:

Ориентируясь на существующие в момент анализа процентные ставки на ссудный капитал, выбирают два значения нормы дисконта E_1 и E_2 таким образом, чтобы в интервале (E_1, E_2) функция $ЧДД = f(E)$ меняла свое значение с «+» на «-» или наоборот. Далее, линеаризируя функцию в этом интервале, и воспользовавшись уравнением прямой, получаем приведенное выше уравнение.

Далее, используя формулу (2.52), производят необходимые расчеты по определению $E_{вн}$. Точность вычислений обратна длине интервала (E_1 , E_2). Поэтому наименьшая аппроксимация достигается в случае, когда длина интервала составляет 1%.

Пример 2.15. Требуется определить значение $ВНД$ для проекта по выпуску электротехнических изделий, рассчитанного на 3 года, требующего инвестиций в размере 20 тыс. руб. и имеющего предполагаемый приток денежных средств по годам: $П_1 = 6$ тыс. руб., $П_2 = 8$ тыс. руб., $П_3 = 14$ тыс. руб.

Решение. Возьмем два произвольных значения процентной ставки $E_1 = 15\%$ и $E_2 = 20\%$.

Составим таблицу потока денежных средств и расчета $ЧДД$ (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Исходные данные для расчета $ВНД$

Шаги расчетного периода, m	Денежный поток, $\Phi(m)$, тыс. руб.	Расчет для E_1		Расчет для E_2	
		$E_1 = 15\%$, $\alpha = \frac{1}{(1+0,15)^m}$	$ЧДД = \sum_{m=0}^n P_m \alpha_m - K$	$E_2 = 20\%$, $\alpha = \frac{1}{(1+0,2)^m}$	$ЧДД = \sum_{m=0}^n P_m \alpha_m - K$
0	-20	1,0	-20	1,0	-20
1	6	0,8696	-14,7824	0,8333	-15,000
2	8	0,7561	-8,7339	0,6944	-9,445
3	14	0,6575	0,4711	0,5787	-1,3432

По данным таблицы 2.8 определим значение $ВНД$:

$$ВНД = 15 + \frac{0,4711}{0,4711 - (-1,3432)}(20 - 15) = 16,3\%.$$

Таблица 2.9 – Исходные данные для более точного расчета $ВНД$

Шаги расчетного периода, m	Денежный поток $\Phi(m)$, тыс. руб.	Расчет для E_1		Расчет для E_2	
		$E_1' = 16\%$, $\alpha = \frac{1}{(1+0,16)^m}$	$ЧДД = \sum_{m=0}^3 P_m \alpha_m - K$	$E_2' = 17\%$, $\alpha = \frac{1}{(1+0,17)^m}$	$ЧДД = \sum_{m=0}^3 P_m \alpha_m - K$
0	-20	1,0	-20	1,0	-20
1	6	0,8662	-14,8028	0,8547	-14,8718
2	8	0,7432	-8,8572	0,7305	-9,0278
3	14	0,6407	0,1126	0,6244	-0,2862

Для более точного определения $ВНД$ уменьшим диапазон между процентными ставками до 1%. Возьмем $E_1' = 16\%$ и $E_2' = 17\%$. Произведем аналогичные расчеты и результаты представим в таблице 2.9.

В результате:

$$ВНД' = 16 + \frac{0,1126}{0,1126 - (-0,2862)}(17 - 16) = 16,28\%.$$

Внутренняя норма доходности равная 16,28% является верхним пределом ставки, по которой можно брать кредит в банке для финансирования проекта. Для получения прибыли нужно брать кредит под меньшую ставку.

Более или менее точно можно получить значение $E_{вн}$ графическим методом. При этом строят график функции $ЧДД = f(E)$. График имеет следующий вид (рисунок 2.6):

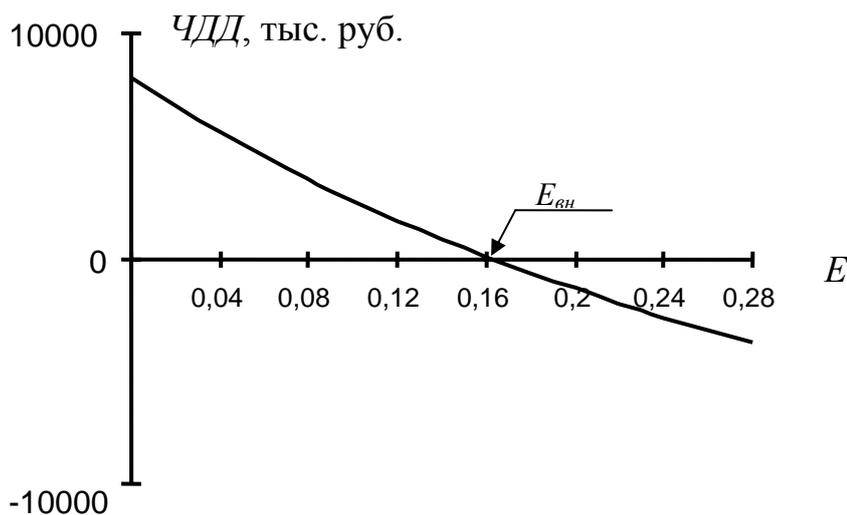


Рисунок 2.6 – Определение внутренней нормы доходности графическим методом.

Срок окупаемости. Сроком окупаемости называется время, за которое поступления от производственной деятельности предприятия покрывают затраты на инвестиции. Срок окупаемости измеряется в годах или месяцах. В подавляющем большинстве случаев срок окупаемости инвестиций рассматривается как дополнительный показатель. При этом его расчет обязателен только в том случае, если реализация инвестиционного проекта зажата в жесткие временные рамки (ожидается изменение политической или социальной ситуации в стране, активизация конкурентов и т.д.).

Результаты и затраты, связанные с осуществлением проекта можно вычислять с дисконтированием и без него. Срок окупаемости с учетом

дисконтирования называется периодом динамической амортизации и является наиболее точным. При расчетах срока окупаемости рекомендуется использовать дисконтирование как для притока, так и оттока денежных средств.

Алгоритм расчета срока окупаемости без учета дисконтирования (статического срока окупаемости) зависит от равномерности распределения прогнозируемых доходов от инвестиций. Если доходы распределены по годам равномерно, то срок окупаемости ($T_{ок}$) рассчитывается делением единовременных затрат на величину годового дохода, обусловленного ими:

$$T = \frac{K}{П}, \quad (2.53).$$

Если доход по годам распределяется неравномерно, то срок окупаемости рассчитывается прямым подсчетом числа лет, в течение которых инвестиции будут погашены кумулятивным доходом.

Пример 2.16. На электроремонтном предприятии проведена реконструкция, связанная с расширением сферы предоставляемых услуг, на осуществление которой израсходовано 50 тыс. у.е. В результате доход за расчетный период по годам составил соответственно 12; 18; 20; 25; 15 тыс. у.е. Ставка дисконта принята 20%. Требуется определить срок окупаемости с использованием различных методов.

Решение. 1. Определим срок окупаемости без учета дисконтирования денежных поступлений на основе среднегодовой величины притока денежных средств.

Среднегодовая величина денежных поступлений составит:

$$П_{ср} = \frac{12 + 18 + 20 + 25 + 15}{5} = 18 \text{ тыс. у.е.}$$

Статический срок окупаемости:

$$T_{ок} = 50 / 18 = 2,78 \text{ года.}$$

2. Рассчитаем срок окупаемости с учетом дисконтирования денежных средств при норме дисконта $E = 0,2$.

Поток поступления дисконтированных денежных средств по годам составит:

$$\Phi(1) = \frac{12}{(1 + 0,2)} = 10 \text{ тыс. у.е.}; \quad \Phi(2) = \frac{18}{(1 + 0,2)^2} = 12,5 \text{ тыс. у.е.};$$

$$\Phi(3) = \frac{20}{(1+0,2)^3} = 11,6 \text{ тыс. у.е.}; \quad \Phi(4) = \frac{25}{(1+0,2)^4} = 12 \text{ тыс. у.е.};$$

$$\Phi(5) = \frac{15}{(1+0,2)^5} = 6 \text{ тыс. у.е.}$$

На основании полученных данных денежного потока, определим его среднегодовую величину:

$$П_{cp} = \frac{10+12,5+11,6+12+6}{5} = 10,42 \text{ тыс. у.е.}$$

Срок окупаемости с учетом дисконтирования: $T_{ок.д} = \frac{50}{10,42} = 4,79$ года.

Более точную цифру можно получить, используя нарастание дисконтированных денежных поступлений. При этом формула для его вычисления будет иметь следующий вид:

$$T_{ок.д} = N - 1 + \frac{K - \sum_{N-1} \Phi}{\Phi(N)}, \quad (2.54)$$

где N – шаг расчетного периода, на котором суммарные дисконтированные денежные поступления (Φ) превысили капитальные вложения;

K – капитальные вложения;

$\sum_{N-1} \Phi$ – сумма дисконтированных денежных поступлений за $N - 1$ шагов;

гов;

$\Phi(N)$ – дисконтированное денежное поступление на N – ом шаге, «перекрывшее» величину капитальных вложений

Величина дохода за первые 4 года составит:

$$\sum_m \mathcal{E}_4 = 10 + 12,5 + 11,6 + 12 = 46,1 \text{ тыс. у.е.} < K = 50 \text{ тыс. у.е.}$$

Величина дохода за 5 лет будет:

$$\sum_m \mathcal{E}_5 = 10 + 12,5 + 11,6 + 12 + 6 = 52,1 \text{ тыс. у.е.} > K = 50 \text{ тыс. у.е.}$$

Допуская линейную зависимость роста доходов от времени, срок окупаемости, при условии, что прибыль может выплачиваться за часть года, по формуле (2.54) составит:

$$T_{ок.д} = 4 + (50 - 46,1) / 6 = 4,65 \text{ года.}$$

Полученные результаты свидетельствуют о следующем: сроки окупаемости капитальных вложений, исчисленные на основе различных методов, существенно разнятся. Срок окупаемости, рассчитанный без учета дисконтирования, имеет явно заниженное значение.

В случае если прибыль Π по шагам расчетного периода остается постоянной, при дискретном профиле доходов динамический срок окупаемости можно найти аналитически, решив следующее уравнение относительно $T_{ок.д}$:

$$\sum_{m=0}^{T_{ок.д}} \frac{\Pi}{(1+E)^m} - K = 0. \quad (2.55)$$

Таким образом, динамический срок окупаемости – это период, за который величина дисконтированных денежных поступлений сравнялась с капиталовложениями, т.е. ЧДД за данный период равен нулю.

Решив приведенное уравнение, получим:

$$T_{ок.д} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{K \cdot E}{\Pi}\right)}{\ln(1+E)}. \quad (2.56)$$

Для непрерывного денежного потока соответственно:

$$T_{ок.д} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{K \cdot E}{\Pi}\right)}{E} \quad (2.57)$$

Пример 2.17. Капитальные вложения в инвестиционный проект по реконструкции сети 10 кВ составили $K = 57$ тыс. у.е. Чистая годовая прибыль, связанная с экономией потерь электроэнергии и снижением ущерба от аварийных отключений, ожидается в размере $\Pi = 20$ тыс. у.е. в год. Определить динамический срок окупаемости инвестиционного проекта при норме дисконта $E = 0,2$. Поток доходов можно считать непрерывным.

$$T_{ок.д} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{57 \cdot 0,2}{20}\right)}{0,2} = 4,22 \text{ года.}$$

Графическая интерпретация динамического срока окупаемости будет иметь следующий вид (рисунок 2.7):

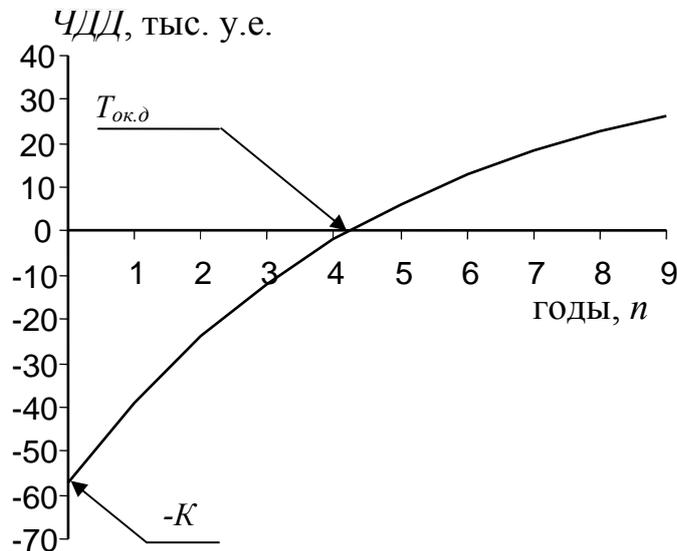


Рисунок 2.7 – Графическое определение динамического срока окупаемости

Точка пересечения графика зависимости $ЧДД = f(n)$ – и есть величина динамического срока окупаемости.

Необходимо отметить, что при $ЧДД \rightarrow 0$ при фиксированной норме дисконта и длительном расчетном периоде (как правило более 30 лет), $T_{ок.д} \rightarrow \infty$, т.е. проект некупаемый.

2.3.4 Использование кредитов в инвестировании проектных разработок

Важнейшей формой привлечения средств из внешних источников является использование заемного капитала в виде кредитов. Получив кредит, заемщик должен в установленный срок вернуть долг кредитору, уплатив, кроме того, проценты за пользование взятой суммой, которые выступают своеобразной ценой кредита.

Ставка процента за кредит определяется, с одной стороны, спросом и предложением на рынке ссудного капитала, а, с другой, зависит от возможности альтернативного его вложения. Ни один собственник капитала не предоставит кредит под процент, меньший процента дохода по альтер-

нативным вложениям денежных средств, и прежде всего по вложениям с гарантированным доходом.

Следует иметь в виду, что предоставление капитала в долг является относительно рисковым вложением, поскольку риск невозвращения его существует в любом случае и возрастает с увеличением срока кредита. Подобный риск частично компенсируется увеличением процентной ставки. Поэтому процент за кредит должен превышать доходность альтернативных вложений капитала с гарантированным доходом, в противном случае его собственнику не выгодно давать займы. Процент за кредит в реальных условиях превышает процент по срочным депозитам, и совпадение их (на совершенном рынке капитала) рассматривается лишь теоретически.

Основная особенность кредитной сделки заключается в том, что получение денежных средств заемщиком и их возвращение разделены во времени, а уплата процентов за кредит и погашение всего долга осуществляются в течение определенного, достаточно продолжительного, периода. Поэтому при обосновании и оценке условий предоставления кредита необходимо сопоставить денежные суммы, возвращаемые в разные периоды.

Каждая сделка купли-продажи, в том числе и кредитная, представляет собой обмен эквивалентов, поэтому при кредитной сделке сумма, которую заемщик получает в форме кредита, должна быть эквивалентна возвращаемой сумме, включающей в себя кроме долга проценты, которые он уплачивает кредитору. Эквивалентность указанных сумм понимается в том смысле, что сумма будущих выплат, дисконтированных на период получения кредита, должна быть равна сумме предоставляемого кредита. Дисконтирование будущих выплат осуществляется с учетом процента за кредит, поскольку ставка его соответствует доходности вложений капитала кредитора. В противном случае он просто не предоставит никому кредит.

Условия погашения кредита и уплаты процентов за него могут быть по-разному выгодны кредитору и заемщику. В мировой хозяйственной практике сумма уплачиваемых процентов и условия погашения долга определяется по формуле сложных процентов. В этом случае для расчетов используются различные подходы, в зависимости от которых изменяется размер и структура погашаемого по периодам долга, а также сумма уплачиваемых процентов за кредит.

При использовании для определения объема выплат по кредиту формулы сложных процентов можно выделить два главных подхода к обоснованию условий возвращения долга и уплаты процентов за него.

При первом подходе, как долг, так и процент за него можно уплачивать в конце периода, на который предоставлен кредит. В этом случае за каждый год указанного периода начисляется проценты на всю сумму полученного кредита. Тогда сумма, уплачиваемая в счет долга и процентов выразится соотношением [14]:

$$K_T = K_3(1 + E_k)^T. \quad (2.58)$$

где K_3 – заемная сумма;
 E_k – процент за кредит;
 T – период возврата долга.

Пример 2.18. Кредит в сумме 200 тыс. у.е. взят на 5 лет под 20% годовых. Определить сумму погашения кредита в конце периода.

$$K_T = 200(1 + 0,2)^5 = 497,7 \text{ тыс. у.е.}$$

Долгосрочный кредит, рассчитываемый по формуле (2.58), совершенно не выгоден заемщику, поскольку сумма уплачиваемых процентов значительно превосходит сумму долга. Вместе с тем погашение долга и уплата за него в конце установленного периода в определенном смысле не выгодна кредитору, поскольку, во-первых, он теряет возможность использовать свой капитал по другому назначению на достаточно продолжительный период, а, во-вторых, возрастает риск невозвращения установленных кредитным договором сумм.

Второй подход связан с возвращением долга и процентов некоторыми суммами в течение всего срока, на который получен заем. В указанном подходе можно выделить три способа погашения долга.

В соответствии с первым способом погашение долга и уплата процентов за него происходят в конце каждого года в течение всего периода предоставления кредита одинаковыми суммами. Эта сумма включает в себя часть погашаемого долга и сумму, уплачиваемую в виде процента за кредит. Для ее определения воспользуемся тем, что кредитная сделка представляет собой обмен эквивалентов, при котором сумма предоставляемого кредита должна соответствовать сумме будущих выплат заемщика, дисконтированных по ставке процента за кредит за период пользования кредитом.

$$K_3 = \sum_{m=1}^T \frac{K_m}{(1 + E_k)^m} = K_m \frac{(1 + E_k)^T - 1}{E_k (1 + E_k)^T}, \quad (2.59)$$

где K_m – выплата за кредит в m -ом году.

На основании этого выражения постоянные ежегодные выплаты по полученному кредиту можно представить в виде [14]:

$$K_m = \frac{E_k (1 + E_k)^T}{(1 + E_k)^T - 1} \cdot K_3, \quad (2.60)$$

Пример 2.19. Для примера 2.18 определить ежегодные выплаты за кредит в случае погашения кредита в рассрочку равными платежами.

Решение. 1. Ежегодные выплаты по кредиту составят:

$$K_m = \frac{0,2(1+0,2)^5}{(1+0,2)^5 - 1} \cdot 200 = 67,88 \text{ тыс. у.е.}$$

2. Выплаты по кредиту за 5 лет будут равны:

$$K_{\Sigma} = 5 \cdot 67,88 = 339,4 \text{ тыс. у.е.}$$

Второй способ предполагает равномерное погашение основного долга в течение всего срока, на который выделен кредит. Подобным образом определяют сумму погашаемого долга, например, по потребительскому кредиту. Тогда выплачиваемая заемщиком ежегодно сумма изменяется только в следствие уменьшения суммы уплачиваемых процентов за кредит в результате погашения долга за прошедший период. По условию кредитного договора в счет погашения основного долга ежегодно выплачивается одинаковая сумма, равная K_3/T . Учитывая, что проценты за кредит по-прежнему начисляются на невыплаченную часть основного долга, общие выплаты заемщика в год m запишутся выражением [14]:

$$K_m = \frac{K_3}{T} + E_{\kappa} \left(K_3 - \frac{K_3(m-1)}{T} \right), \quad m = 1, 2, \dots, T. \quad (2.61)$$

Из этого соотношения видно, что за T лет кредит будет полностью погашен. Общие суммы процентов за кредит можно вычислить по относительно простой формуле

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^T E_{\kappa} \left(K_3 - \frac{K_3(m-1)}{T} \right) &= E_{\kappa} K_3 T - E_{\kappa} K_3 \sum_{m=1}^T \frac{m-1}{T} = \\ &= E_{\kappa} K_3 T - E_{\kappa} K_3 \frac{(T-1)T}{2T} = 0,5 E_{\kappa} K_3 (2T - T + 1) = 0,5 E_{\kappa} K_3 (T + 1). \end{aligned} \quad (2.62)$$

Пример 2.20. Для примера 2.18 рассчитать ежегодные выплаты по указанному способу погашения кредита.

Выплаты за кредит на первом году составят:

$$K_1 = \frac{200}{5} + 0,2 \left(200 - \frac{200(1-1)}{5} \right) = 40 + 40 = 80 \text{ тыс. у.е.}$$

Полученные результаты расчетов сведем в таблицу 2.10

Таблица 2.10 – Ежегодные выплаты заемщика

Год погашения долга	Остаток долга	Погашаемый долг	Процент за кредит	Суммарный платеж
1	200	40	40	80
2	160	40	32	72
3	120	40	24	64
4	80	40	16	56
5	40	40	8	48
Итого		200	120	320

Полученные результаты свидетельствуют, что при таком способе погашения кредита сумма выплат значительно ниже, чем в предыдущем случае. Недостаток такого подхода состоит в том, что экономия достигается благодаря увеличению сумм выплат в первые годы, в то время как реальные проекты материального инвестирования, как правило, не обеспечивают максимального результата в начале периода полезного использования проекта.

Третий способ основывается на относительно свободном выборе сумм ежегодных платежей по кредиту при выполнении единственного обязательного условия – эквивалентности будущих выплат заемщика сумме полученного кредита. Это предполагает, что настоящая стоимость его будущих выплат должна быть равна полученному объему кредита:

$$K_3 = \sum_{m=1}^T \frac{K_m}{(1 + E_k)^m}, \quad (2.63)$$

где каждое значение K_m может устанавливаться договором между кредитором и заемщиком при выполнении равенства (2.63). Это условие может быть использовано кредитором или заемщиком для оценки предлагаемых условий погашения кредита или предоставления его как на стадии обоснования предпочтительных условий кредитного договора, так и при оценке приемлемости предложений противной стороны.

2.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТНЫХ РАЗРАБОТОК

Влияние улучшения или ухудшения многих технических показателей в проектных разработках на экономическую эффективность их реализации носит, зачастую, опосредованный характер. Например, повышение надежности средств связи влечет за собой снижение количества и продолжительности отказов оборудования, что в свою очередь, предотвращает возможный экономический ущерб, точно определить который невозможно.

Или повышение унифицируемости оборудования снижает затраты на его текущие и капитальные ремонты на 30 ... 60% [15]. Таким образом, при технико-экономическом обосновании необходимо проводить расчеты по комплексной оценке технического совершенства или качества проектных разработок.

Существует несколько подходов к оценке проектных разработок как объекта исследований. В зависимости от целей разработки может рассматриваться один вариант, подвергаться анализу несколько альтернативных вариантов, проводится сопоставление проектируемого варианта с базовым.

Характерными особенностями методических подходов, применяемых в настоящее время при выполнении агроинженерных проектов являются:

- рассмотрение ограниченного числа частных показателей качества, преимущественно экономических, не позволяющих проводить всестороннюю оценку технического совершенства проектов;
- явно выраженный детерминистический характер расчета технических и экономических показателей;
- отсутствие методик для проведения всесторонней технико-экономической оценки;
- выбор предпочтительного решения на эвристической основе.

К этому можно добавить, что возможное множество технических решений не формируется и не анализируется, так как не разработаны автоматизированные методы составления и отбраковки исходного списка альтернативных вариантов.

В проектной практике на стадии эскизного проекта должны рассматриваться несколько вариантов возможных решений и выбираться оптимальные из них.

При этом на указанном этапе проектирования ставится и решается задача структурного синтеза по формированию возможных вариантов технических решений проектируемого изделия. Задачи структурного синтеза относятся к наиболее трудно формализуемым и в большинстве случаев решаются на эвристической основе. Различные методические подходы к решению подобных задач формализованным способом приводятся в [60]. Определенными преимуществами, на наш взгляд, обладает морфологический метод синтеза структур [60], существо которого сводится к разбиению разрабатываемого устройства на ряд подсистем и формированию структур из этих подсистем с учетом ограничений на технические характеристики.

Такой подход с успехом может быть применен при проектировании электротехнических и электронных изделий различного назначения.

При агроинженерном проектировании наиболее часто производится сопоставление разрабатываемого и базового образца. При этом базовый образец должен иметь реально достижимый уровень показателей качества, обеспечивающих эффективное использование его в течении некоторого заданного периода.

В качестве базовых образцов на стадии разработки следует принимать:

- изделия, отвечающие реально достижимым перспективным тенденциям;
- планируемые к освоению изделия, показатели качества которых заложены в техническом задании, технических или рабочих проектах.

На стадии изготовления изделий за базовые принимаются выпускаемые в России или за рубежом изделия, показатели качества которых в момент оценки отвечают самым высоким требованиям и которые наиболее эффективны в эксплуатации. Базовый образец должен отвечать государственным и отраслевым стандартам России или прогрессивным образцам зарубежных стран.

Базовый образец должен выбираться из групп продукции аналогичной по назначению, условиям изготовления и эксплуатации.

Установленная номенклатура показателей качества базового образца должна соответствовать номенклатуре показателей качества оцениваемой продукции.

В основе комплексной оценки эффективности проектных разработок лежит рассмотрение совокупности частных показателей качества.

Вопросу выбора частных показателей качества и результирующей целевой функции технических систем посвящена обширная литература. Вместе с тем, существование большого разнообразия форм критериев качества, с помощью которых может решаться задача выбора для одной и той же системы настораживает. Если же учесть, что большинство предлагаемых показателей вводится без достаточных оснований, чисто эвристически, то возможность получения действительно оптимального решения затруднена.

Основная трудность многокритериальной оптимизации обусловлена противоречивостью показателей их различной значимостью, не соизмерением масштабов.

Наиболее часто применяемый в проектной практике подход комплексной оценки эффективности проектных решений сводится к следующему:

- уровень качества предлагаемого технического решения выше или равен уровню качества базового (сравниваемого) варианта, если его характеристики выше или аналогичны показателям базового;
- уровень качества предлагаемого технического решения ниже базового варианта, если его характеристики ниже показателей базового (сравниваемого) изделия.

Поскольку не исключается противоречивость частных показателей качества, возможность использования такого метода бывает затруднена.

Разновидностью дифференциального метода является широко применяемый метод, когда из совокупности частных показателей качества выбирается главная характеристика и по ней производится сопоставление проектных решений. При этом должны выполняться ограничения на все остальные частные показатели качества. Главный показатель может быть

выбран из совокупности технических характеристик, например, емкость аккумуляторной батареи источника питания.

В такой постановке задача выбора предпочтительного решения формулируется как задача математического программирования:

$$\begin{aligned} \max(\min)[K_i(Y_\varphi)], \text{ при } \forall K_q(Y_\varphi) \geq K_q^*, \forall K_c(Y_\varphi) \leq K_c^*, \\ Y_\varphi \in D_y, \quad q = \overline{1, n}, \quad c = \overline{1, m} \end{aligned} \quad (2.64)$$

где Y_φ – φ -е проектное решение;

K_i – показатель, выбираемый в качестве главного;

K_q, K_c – показатели, на которые наложены ограничения;

K_q^*, K_c^* – величина накладываемых ограничений на показатели.

Ограниченность рассматриваемого подхода очевидна, так как фактически осуществляется уход от векторного синтеза. Кроме этого часто не бывает достаточных оснований для выбора в качестве результирующей целевой функции того или иного показателя. Например, выбор в качестве главной характеристики устройства только показателей надежности приводит к фактическому не учету таких показателей как быстродействие, КПД, массообъемные показатели и др.

Практика исследования и разработки новых технических решений требует, чтобы технико-экономическое сравнение альтернативных вариантов производилось с использованием всего многообразия частных показателей качества, отражающих различные аспекты целевого назначения системы, взаимодействие ее с другими элементами и средой, с учетом своеобразия условий функционирования.

В последние годы все большее распространение получило мнение о необходимости многокритериального подхода к оценке качества сложных технических систем. При этом в соответствии с принципом однозначности результирующая целевая функция, как критерий оптимальности, должна применяться в виде одного обобщенного показателя, включающего все рассмотренные характеристики.

Обобщенный показатель качества технических решений можно представить функцией m переменных в $m + 1$ мерном пространстве:

$$K_{m+1} = f_k(k_1, k_2, \dots, k_m) \quad (2.65)$$

Поскольку K_{m+1} является скалярной величиной, а не вектором, введение такого показателя по существу означает переход от векторной задачи сравнения альтернативных вариантов проекта к скалярной. Такая скаляризация позволяет не только упростить поиск предпочтительного решения, но и сопоставить между собой варианты технических решений трудно сопоставимых из-за противоречивости частных показателей качества.

Обобщенный показатель качества представляет собой функцию от единичных показателей.

Наибольшее распространение при проведении исследований и проектировании получили следующие методы формирования обобщенного показателя качества:

- построение обобщенного показателя качества на основе физических зависимостей частных показателей качества;
- интегральный показатель качества;
- мультипликативная и аддитивная формы свертки частных показателей качества;
- получение обобщенного показателя качества путем экспертного опроса.

При этом наиболее строгим и точным выражением качества принимаемых технических решений является получение обобщенного показателя через физические зависимости выходных характеристик внутри рассматриваемой системы и сложного технического комплекса, включающего данную систему.

Интегральный показатель применяют, когда установлен полезный суммарный эффект от эксплуатации изделия и известны суммарные затраты на его создание и эксплуатацию. Методика расчета подобных показателей рассмотрена ранее при оценке экономических характеристик проекта.

В ряде случаев результирующую целевую функцию строят на основе аддитивных или мультипликативных преобразований над выбранной системой выходных характеристик. Такой подход применяется в тех случаях, когда затруднено установление функциональной зависимости обобщенного показателя качества от исходных показателей.

При использовании аддитивных преобразований:

$$K_{m+1} = d_1 k_1^* + d_2 k_2^* + \dots + d_i k_i^* + \dots + d_n k_n^*, \quad (2.66)$$

где k_i^* – единичный критерий качества i -го показателя;
 $k_i^{\hat{o}}$ – некоторое опорное значение i -го показателя, выбираемое за единицу измерения (значение i -го показателя базового образца);
 d_i – весовой коэффициент, характеризующий важность i -го показателя.

При чем $k_i^* = k_i / k_i^{\hat{o}}$ – если увеличение значения i -го показателя по абсолютной величине влечет за собой улучшение качества (например КПД). $k_i^* = k_i^{\hat{o}} / k_i$ – если увеличение значения i -го показателя по абсолютной величине влечет за собой ухудшение качества (например габариты).

При использовании мультипликативных преобразований:

$$K_{m+1} = \prod_{i=1}^n (k_i^*)^{d_i}, \quad (2.67)$$

где d_i – показатель важности.

Основным недостатком рассматриваемой группы обобщенных показателей качества является возможность взаимной компенсации разнород-

ных компонентов. При этом аддитивная свертка имеет наиболее простую математическую структуру, что облегчает решение задачи, однако при этом возникает проблема определения коэффициентов d_1, d_2, \dots, d_n . Проблеме определения весовых коэффициентов частных показателей качества посвящено большое количество научных и методических работ [1, 11, 56, 60].

К основным методам определения весовых коэффициентов относятся:

- метод коэффициентов системы линейных уравнений;
- метод коэффициентов корреляции;
- метод предельных и номинальных значений;
- экспертный метод.

В практике квалиметрических анализов коэффициенты весомости в подавляющем большинстве случаев определяются экспертным методом [1, 11]. При этом часто оказывается, что это единственно применимый метод, поскольку для аналитических методов необходимо располагать большим количеством информации, которую, зачастую, получить просто невозможно.

Экспертные методы для оценки проектных разработок основаны на использовании обобщенного опыта и интуиции специалистов.

Их следует применять, когда определение единичного или обобщенного показателя невозможно или затруднено использование более объективных методов (измерительного, расчетного, установление физической зависимости между параметрами).

Для оценки уровня качества проекта создаются экспертные комиссии. В экспертную группу включаются высококвалифицированные специалисты в области создания и функционирования установок (исследователи, технологи, конструкторы). Используются специалисты, работающие в одной или разных организациях. При этом в комиссию не должны включаться специалисты, имеющие отношение к созданию и изготовлению данной продукции. При заочном опросе верхний предел количества опрашиваемых специалистов не ограничивается, при очном опросе в группе не должно быть более 20 специалистов.

Одним из наиболее часто применяемых подходов при экспертном определении коэффициентов весомостей – это подход предпочтения в виду своей простоты, когда каждому показателю присваивается место (ранг) в ряду показателей. При его использовании эксперта просят ранжировать все показатели в порядке их предпочтения, затем наиболее важному показателю присваивают номер 1, следующему по важности – номер 2 и т.д. [3, 11].

При этом согласованность мнений экспертов проверяется коэффициентом конкордации Кендалла:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (2.68)$$

где S – сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего арифметического суммы рангов;
 m – число экспертов;
 n – число ранжируемых показателей.

Коэффициент конкордации изменяется в диапазоне $0 < W < 1$, причем 0 соответствует полной несогласованности, а 1 соответствует полной согласованности. Если значение W превышает 0,4 ... 0,5 то качество оценки считается удовлетворительным, если $W \geq 0,7 \dots 0,8$ – высоким.

Минимальное число экспертов m_{min} при этом должно определяться числом оцениваемых параметров n , т.е. требованием представительности группы экспертов для принятия решений по множеству из n событий:

$$m_{min} \geq \alpha n, \quad (2.69)$$

где $\alpha = 0,7 \dots 1$.

При этом вероятность случайного совпадения ранжировок экспертов оценивается по критерию χ^2 – Пирсона [11].

Для этого случая χ^2 найдется как:

$$\chi^2 = m(n-1)W, \quad (2.70)$$

при числе степеней свободы $\nu = n - 1$.

Весовой коэффициент i -го показателя определяется по результату ранжировок n экспертов:

$$d_i = \frac{\sum_{j=1}^m (n+1-w_{ij})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{ij}}, \quad (2.71)$$

где w_{ij} – место, на которое i -ый показатель поставлен при ранжировании j -м экспертом.

Пример 2.21. Проведен экспертный опрос по методу предпочтения для определения коэффициентов весомостей показателей технического уровня источника электропитания сельской АТС (таблица 2.11).

Таблица 2.11 – Экспертная оценка основных технических показателей различных электротехнических устройств.

Эксперт \ Показатель	1	2	3	4	5	6	7	Сумма рангов	Отклонение от среднего значения суммы рангов	Квадрат отклонения от среднего значения суммы рангов
1	1	1	2	2	2	1	1	10	-18	324
2	5	5	5	6	6	2	7	36	8	64
3	6	6	7	7	5	6	6	43	15	225
4	7	7	4	5	4	7	5	39	11	121
5	2	2	6	4	7	3	2	26	-2	4
6	3	3	1	1	1	5	4	18	-10	100
7	4	4	3	3	3	4	3	24	-4	16
Σ								196		854

Совокупность основных показателей следующая:

1. Потребляемая мощность;
2. Коэффициент мощности;
3. Масса;
4. Габариты;
5. Вероятность безотказной работы;
6. Нарботка до отказа;
7. Коэффициент унификации.

Среднее значение суммы рангов $\bar{S} = 28$

Коэффициент конкордации составит:

$W = \frac{12 \cdot 854}{7^2 (7^3 - 1)} = 0,622$, т.е. согласованность экспертов удовлетворительная.

Оценим вероятность случайного совпадения ранжировок по критерию χ^2 :

Число степеней свободы при этом составит: $\nu = 7 - 1 = 6$.

$\chi^2 = 7(7 - 1)0,622 = 26,124$, что соответствует при $\nu = 6$ вероятности случайного совпадения ранжировок $P < 1\%$ [17].

Весовые коэффициенты по формуле (2.71) составят:

$$d_1 = \frac{(8 - 1) + (8 - 1) + (8 - 2) + (8 - 2) + (8 - 2) + (8 - 1) + (8 - 1)}{196} = 0,235$$

Применяя аналогичный подход, получим следующие результаты для остальных коэффициентов весомости: $d_2 = 0,102$; $d_3 = 0,066$; $d_4 = 0,087$; $d_5 = 0,153$; $d_6 = 0,194$; $d_7 = 0,163$. Сумма коэффициентов весомости, при этом, всегда равна 1.

Таким образом, наиболее весомым показателем является первый – потребляемая мощность (0,235), наименее весомым – третий масса (0,066).

С учетом найденных коэффициентов комплексный показатель качества подобного технического решения определится по выражению:

$$K_{\kappa} = 0,235k_1^* + 0,102k_2^* + 0,066k_3^* + 0,087k_4^* + 0,153k_5^* + 0,194k_6^* + 0,163k_7^*.$$

При использовании мультипликативной свертки (2.67):

$$K_{\kappa} = (k_1^*)^{0,235} (k_2^*)^{0,102} (k_3^*)^{0,066} (k_4^*)^{0,087} (k_5^*)^{0,153} (k_6^*)^{0,194} (k_7^*)^{0,163}.$$

Приведенный перечень технических показателей, в зависимости от условий, может дополняться или сокращаться. Но при этом должны уточняться и коэффициенты весомости. В технической литературе приводится более полный перечень технических показателей с соответствующими коэффициентами весомости для некоторых электротехнических устройств [56, 57].

Данный подход к определению комплексного показателя качества (технического уровня) проектных разработок применим не только для технических устройств, но и для всего спектра инженерных проектов (технологий, АСУ, программных продуктов и т.д.).

2.5. ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ

Оптимальными являются такие значения показателей качества, при которых достигается наибольший эффект при заданных затратах на создание, выступающих в роли ограничения. Возможна и иная постановка задачи, когда оптимальное решение находится по минимуму затрат или максимуму дохода, при выполнении заданных ограничений на технические характеристики. Таким образом, в качестве критерия оптимальности выступает либо обобщенный показатель качества, построенный из совокупности технических характеристик, либо экономический показатель. Критерий оптимальности в технической литературе называется также результирующей целевой функцией.

Определение оптимального значения показателей качества имеет смысл, когда установлен критерий оптимизации и указаны ограничения.

При этом оптимизация полезна, когда обобщенный показатель качества существенно реагирует на изменения частных показателей.

Оптимальное значение результирующей целевой функции не обязательно относится к реально существующей продукции. Оно может быть получено расчетным путем для вновь разрабатываемой или гипотетической продукции с реально достижимыми показателями.

При проведении оптимизационных расчетов необходимо:

- обосновать обобщенный показатель качества, с помощью которого оценивается эффект от эксплуатации изделия;
- определить систему частных показателей качества, установить предполагаемые области изменения их и влияния этих изменений на результирующую целевую функцию;
- сформулировать оптимизационную задачу;
- выбрать метод решения и провести необходимые расчеты по выбору предпочтительного решения.

Оптимизационные задачи при наличии результирующей целевой функции и ограничений на затраты или эффект решаются методами линейного и нелинейного программирования, динамического программирования, теории игр и статистических решений и другими методами. При этом, можно выделить группу точных методов (прямого перебора, динамического программирования, ветвей и границ) и группу приближенных методов (метод множителей Лагранжа, градиентный метод). Точные методы громоздки, поэтому обычно используются алгоритмы сокращенного перебора, предусматривающие проведение пошаговой оптимизации. Наиболее часто применяется метод наискорейшего спуска. При использовании его процесс оптимизации разворачивается во времени таким образом, что на каждом шаге отыскивается участок резервирования, подключение к которому одного элемента дает наибольший выигрыш эффекта на единицу затрат, т.е. движение к экстремуму осуществляется по направлению максимальной частной производной.

Рассмотрим систему, состоящую из n частных показателей качества. Варьирование каждого из них приводит к определенному техническому эффекту и изменению стоимости. Проведение оптимизационных расчетов при использовании метода наискорейшего спуска можно представить в виде следующего многошагового процесса.

Обозначим через $P_i(m_i)$ эффект по повышению i -го показателя при проведении m -го мероприятия ($m = 1, 2, \dots, M$), а через C_i – стоимость, характеризующую i -ый показатель. Для каждого элемента системы (частного показателя качества) определим удельный прирост эффекта на единицу стоимости, проведя одно мероприятие по повышению эффективности:

$$d_i(m_i) = \frac{[P_i(m_i + 1) - P_i(m_i)]}{C_i P_i(m_i)}, \quad (2.72)$$

а также вычислим обобщенный показатель и стоимость технического решения без проведения мероприятий:

$$P^{(0)} = \prod_{i=1}^n P_i(0), \quad C^{(0)} = \sum_{i=1}^n C_i. \quad (2.73)$$

1-ый шаг. Устанавливаем показатель с номером k , для которого $d_k(1) = \max d_i$ и проводим мероприятие по повышению эффективности для него. Определяем обобщенный показатель качества и стоимость на первом шаге:

$$P^{(1)} = P^{(0)} P_k(1) / P_k(0), \quad C^{(1)} = C^{(0)} + C_k. \quad (2.74)$$

2-й шаг. Проведя еще одно мероприятие по повышению эффективности k -го показателя, определим максимальную величину $d_i(1)$, $i \neq k$, $d_k(2)$ и проводим мероприятие применительно к k -му показателю, если $d_k(2) > d_i(1)$ или к ранее рассмотренному показателю, для которого $d_g(1) = \max d_i(1)$.

Вычисляем значения:

$$\begin{aligned} P^{(2)} &= P_g(1)P^{(1)} / P_g(0), \text{ если } d_g(1) > d_k(2), \text{ или} \\ P^{(2)} &= P_k(2)P^{(1)} / P_k(1), \text{ если } d_k(2) > d_i(1), \text{ а также} \\ C^{(2)} &= C^{(1)} + C_g, \text{ если } d_g(1) > d_k(2), \text{ или} \\ C^{(2)} &= C^{(1)} + C_k, \text{ если } d_g(1) > d_k(2). \end{aligned}$$

На последующих шагах процедуры повторяются. Многошаговый процесс останавливается на шаге ξ , на котором выполняется условие:

$$C^{(\xi)} < C < C^{(\xi+1)}. \quad (2.75)$$

Пример 2.22. Вероятность успешного функционирования автономной электропитающей установки характеризуется тремя частными показателями качества: вероятностью полного отключения ($P_1 = 0,5$), вероятностью выхода отклонений напряжения за пределы установленных допусков ($P_2 = 0,7$), а также вероятностью ненормированных отклонений частоты ($P_3 = 0,9$), кроме этого, заданы значения затрат, при проведении мероприятий по повышению значений рассматриваемых технических характеристик $C_1 = 1$, $C_2 = 3$, $C_3 = 5$ у.е.

Требуется обеспечить максимальное значение обобщенного показателя качества, представляющего свертку трех частных показателей, при условии, что затраты на повышение эффективности функционирования не превысят 15 у.е.

Р е ш е н и е. 1. Определяем удельный прирост эффективности на единицу стоимости для каждого частного показателя качества:

$$d_1(1) = \frac{[P_i(m_i + 1) - P_i(m_i)]}{C_i P_i} = \frac{[1 - (1 - P_1)^2 - P_1]}{C_1 P_1} = \frac{[1 - (1 - 0,5)^2 - 0,5]}{0,5} = 0,5,$$

$$d_2(1) = \frac{[1 - (1 - P_2)^2 - P_2]}{C_2 P_2} = \frac{1 - 0,3^2 - 0,7}{3 \cdot 0,7} = 0,1,$$

$$d_3(1) = \frac{[1 - (1 - P_3) - P_3]}{C_3 P_3} = \frac{1 - 0,1^2 - 0,9}{5 \cdot 0,9} = 0,02.$$

А также определяем суммарные использованные денежные средства:

$$C^{(0)} = C_1 + C_2 + C_3 = 9 \text{ у.е.}$$

Достигнутый уровень эффективности без проведения дополнительных мероприятий:

$$P^{(0)} = P_1 P_2 P_3 = 0,5 \cdot 0,7 \cdot 0,9 = 0,315.$$

2. Максимальное значение повышения эффективности на единицу стоимости имеет первый показатель, поэтому на первом шаге проведем мероприятия по повышению безотказности, связанные с уменьшением числа отключений. Определим значение обобщенного показателя и стоимости на первом шаге:

$$P^{(1)} = \frac{P^{(0)} P_1(1)}{P_1(0)} = \frac{0,315 \cdot (1 - 0,5)^2}{0,5} = 0,473.$$

$$C^{(1)} = C^{(0)} + C_1 = 9 + 1 = 10 \text{ у.е.}$$

3. По формуле (2.72) находим величину $d_1(2)$:

$$d_1(2) = \frac{[1 - (1 - P_1)^3 + (1 - P_1)^2 - 1]}{C_1 [1 - (1 - P_1)^2]} = \frac{0,5^2 - 0,5^3}{(1 - 0,5)^2} = 0,167.$$

4. Так как $d_1(2) > d_2(1)$, то снова проводим мероприятия по повышению значения P_1 . Определим значение обобщенного показателя качества и стоимость на втором шаге:

$$P^{(2)} = \frac{P^{(1)} P_1(2)}{P_1(1)} = \frac{[1 - (1 - P_1)^3] P^{(1)}}{[1 - (1 - P_1)^2]} = \frac{0,473(1 - 0,5^3)}{1 - 0,5^2} = 0,551.$$

$$C^{(2)} = C^{(1)} + C_1 = 10 + 1 = 11 \text{ у.е.}$$

5. Находим величину: $d_1(3) = \frac{[(1 - P_1)^3 - (1 - P_1)^4]}{C_1 [1 - (1 - P_1)^3]} = \frac{0,5^3 - 0,5^4}{1 - 0,5^3} = 0,0174.$

6. Так как $d_2(1) > d_1(3)$ и $d_2(1) > d_3(1)$, то проводим мероприятия по уменьшению числа ненормированных отклонений напряжения в электроустановке и вычисляем:

$$P^{(3)} = \frac{P^{(2)} P_2(1)}{P_2(0)} = \frac{P^{(2)} [1 - (1 - P_2)^2]}{P_2} = \frac{0,551(1 - 0,3^2)}{0,7} = 0,716.$$

$$C^{(3)} = C^{(2)} + C_2 = 11 + 3 = 14 \text{ у.е.}$$

7. Находим величину $d_2(2)$:

$$d_2(2) = \frac{[1 - (1 - P_2)^3 + (1 - P_2)^2 - 1]}{C_2 [1 - (1 - P_2)^2]} = \frac{0,3^2 - 0,3^3}{3(1 - 0,3^2)} = 0,023.$$

8. С учетом того, что $d_1(3) > d_2(2)$, проводим мероприятия по сокращению числа отключений электропитания. Определяем $P^{(4)}$ и $C^{(4)}$.

$$P^{(4)} = \frac{P^{(3)} P_1(3)}{P_1(2)} = \frac{[1 - (1 - P_1)^4 P^{(3)}]}{[1 - (1 - P_1)^3]} = \frac{0,716(1 - 0,5^4)}{1 - 0,5^3} = 0,767.$$

$$C^{(4)} = C^{(3)} + C_1 = 14 + 1 = 15 \text{ у.е.}$$

На этом расчет закончен.

РАЗДЕЛ 3

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ КОНСТРУКТОРСКОГО ХАРАКТЕРА

К агроинженерным проектам конструкторского характера относятся проекты, в которых ведется разработка электротехнических или электронных устройств производственно-технического назначения, а также установок, используемых в качестве лабораторных работ в учебном процессе.

Выбор лучшего варианта осуществляется на основе сопоставления технических и экономических характеристик с существующим устройством или потенциально возможным вариантом устройства.

Выбор вариантов для сравнения производится на основе патентного поиска и изучения литературы по данному направлению. В качестве вариантов для сравнения должны выбираться изделия, технико-экономические показатели которых превосходят или соответствуют лучшим мировым достижениям.

3.1 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА СТАДИИ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

Сметная стоимость НИОКР включает следующие составляющие:

- заработную плату научных работников;
- единый социальный налог;
- затраты на электроэнергию;
- затраты на расходные материалы и комплектующие изделия;
- накладные расходы.

Расчет затрат на этой стадии целесообразно проводить точным методом на основе нормативных материалов и трудовых затрат.

Исходными данными для расчета являются: нормы трудоемкости по выполнению отдельных видов работ; часовые тарифные ставки специалистов различной квалификации; спецификации оборудования и материалов, используемых при изготовлении изделия; прейскурант цен на материалы и комплектующие изделия; норматив отчислений на социальное страхование и дополнительную зарплату; тариф на электроэнергию.

Основная заработная плата специалистов, проводящих ОКР, определяется с учетом количества инженерно-технических работников, их квалификации, трудоемкости работ и часовых тарифных ставок исполнителей.

Для проведения расчетов составляется таблица 3.1.

Таблица 3.1 – Основная заработная плата специалистов

Этапы разработки	Исполнители	Часовая тарифная ставка, руб./ч	Время выполнения работы, ч	Заработная плата, руб.

Основная заработная плата определяется по формуле

$$Z_o = \sum_{i=1}^n t_i s_{ci}, \quad (3.1)$$

где t_i – время выполнения i -го вида работ, ч;
 s_{ci} – часовая тарифная ставка исполнителя при выполнении i -го вида работ, руб./ч.

Дополнительная заработная плата определяется следующим образом:

$$Z_d = Z_o \eta_d, \quad (3.2)$$

где η_d – коэффициент дополнительной заработной платы.

На статью «дополнительная зарплата» относятся выплаты, связанные с очередными и дополнительными отпусками, оплатой времени по выполнению государственных и общественных обязанностей и т.п. При проведении ОКР можно принять $\eta_d = 0,1 \dots 0,2$.

Единый социальный налог берется от суммы основной и дополнительной заработной платы в размере $\eta_c = 35,6\%$:

$$Z_c = \frac{Z_o + Z_d}{100} \eta_c, \quad (3.3)$$

Расчет затрат на электроэнергию выполняется с учетом потребляемой мощности отдельных электроприемников P_g (кВт), длительности эксплуатации оборудования при проведении ОКР t_g (ч) и тарифа на электроэнергию $ц_э$ (руб./кВт·ч):

$$Z_э = \sum_{g=1}^G P_g t_g ц_э. \quad (3.4)$$

Результаты расчета отдельных составляющих затрат на электроэнергию заносятся в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Затраты на электроэнергию

Наименование прибора	Потребляемая мощность, кВт	Время работы, ч	Тариф, руб./кВт·ч	Стоимость, руб.

Суммарные затраты на сырье и материалы, а также затраты на комплектующие изделия можно определить по формулам

$$Z_m = \sum_{j=1}^J m_{mj} u_{mj}; \quad Z_k = \sum_{k=1}^K l_k z_k, \quad (3.5)$$

где m_{mj} – норма расхода j-го материала;
 u_{mj} – цена единицы материала;
 l_k – количество комплектующих изделий k-го типа;
 z_k – цена единицы k-го изделия.

Расчет затрат на комплектующие изделия и расходные материалы должен выполняться в соответствии с формами таблиц 3.3, 3.4.

Таблица 3.3 – Затраты на сырье и материалы

Наименование материала	Единица измерения	Норма расхода	Цена единицы	Стоимость, руб.

Таблица 3.4 – Затраты на комплектующие изделия

Наименование изделия	Тип, марка	Количество, шт.	Цена за 1 ед. руб./шт.	Стоимость, руб.

Накладные расходы учитывают затраты на управление и хозяйственное обслуживание проводимых работ:

$$Z_n = Z_o \eta_n, \quad (3.6)$$

где η_n – коэффициент накладных расходов.

В научных организациях и КБ коэффициент накладных расходов η_n составляют 0,2 ... 1 основной заработной платы.

Общие затраты на проведение НИОКР определяется путем суммирования отдельных составляющих:

$$Z_{\text{НИОКР}} = Z_o + Z_d + Z_c + Z_s + (Z_m + Z_k) \eta_{mp} + Z_n, \quad (3.7)$$

где η_{mp} – коэффициент транспортно-заготовительных расходов (обычно принимаются в размере 1,05).

3.2 РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАЗРАБОТАННОГО УСТРОЙСТВА

Себестоимость изготовления можно определить двумя методами – точным и приближенным.

Точный метод базируется на основе нормативов материальных и трудовых затрат. Себестоимость при этом определяется путем суммирования отдельных составляющих затрат на изготовление изделия. Методика определения их аналогична ранее изложенной для расчета стоимости ОКР.

Основными статьями расходов является:

- основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих;
- единый социальный налог;
- затраты на электроэнергию;
- стоимость сырья и материалов;
- стоимость комплектующих изделий;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, а также цеховые и общезаводские расходы, которые могут быть учтены через накладные и внепроизводственные расходы.

Расчет отдельных составляющих затрат можно произвести по ранее приведенным формулам (3.1 – 3.6). При этом основную заработную плату производственных рабочих следует определять по формуле

$$Z_o = \varepsilon \sum_{d=1}^D t_d s_{ud} , \quad (3.8)$$

где ε – коэффициент, учитывающий премию ($\varepsilon = 1,1 \dots 1,2$);
 t_d – норма времени изготовления изделия по d -му разряду, ч;
 s_{ud} – часовая тарифная ставка рабочего d -го разряда, руб./ч.

В том случае, когда не удается получить все необходимые данные для составления калькуляции, себестоимость проектируемого изделия определяется с помощью приближенных методов, например метода удельных весов.

По методу удельных весов расчет себестоимости проектируемого устройства производится на основе расчета фактических затрат по одной из прямых статей калькуляции и удельного веса этих затрат в себестоимости всего изделия.

Чаще всего такими статьями являются «сырье и материалы» или «покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги кооперированных организаций».

Зная, например, стоимость комплектующих изделий Z_k и весовой параметр этой статьи γ_k , задавшись весовыми коэффициентами для материалов γ_m и заработной платы γ_3 , можно определить составляющие затрат:

$$Z_m = \frac{Z_k}{\gamma_k} \gamma_m; \quad Z_o = \frac{Z_k}{\gamma_k} \gamma_3. \quad (3.9)$$

Суммарная себестоимость изделия в результате рассчитывается по формуле

$$Z_{сб} = (Z_o + Z_d + Z_c + Z_э + Z_m + Z_k + Z_n) \eta_{вн}. \quad (3.10)$$

При расчете Z_n следует учитывать что коэффициент накладных расходов η_n зависит от организации изготовителя и составляет 1,2 ... 1,8 основной заработной платы.

Коэффициент $\eta_{вн}$ учитывает внепроизводственные расходы ($\eta_{вн} = 1,02 ... 1,05$).

Оптовая цена (цена без НДС) единицы изделия определяется путем суммирования полной себестоимости и налогооблагаемой прибыли $P_{н.изд}$ от реализации одного изделия. Прибыль учитывает экономическую ситуацию в стране, темпы инфляции, риски. С другой стороны она должна учитывать возможное удешевление издержек в условиях мелкосерийного или серийного производства.

На формирование цены влияют различные факторы: платежеспособность населения, наличие конкуренции, факторы спроса и предложения и т.д. На практике на первоначальном этапе проектирования цену изделия зачастую формируют на основе комплексного показателя качества. При этом должно выполняться соотношение [27, 56, 57]:

$$\frac{C_{онт}}{K_{к.из}} \leq 0,9 \frac{C_{онт.эт}}{K_{к.эт}}, \quad (3.11)$$

где $C_{онт.эт}$ – оптовая цена ближайшего аналога (эталона);
 $K_{к.из}$ – комплексный показатель качества проектируемого изделия;
 $K_{к.эт}$ – комплексный показатель качества эталонного изделия;
 0,9 – коэффициент относительного удешевления, учитывающий возможное недоверие потребителей к новому изделию.

Вопрос построения комплексных показателей качества подробно рассмотрен во втором разделе настоящего пособия. С учетом того, что, как правило, $K_{к.эт}$ принимают равным 1, верхний предел цены устройства, при

которой оно сохраняет свою конкурентоспособность на рынке найдется как:

$$C_{\text{опт.в}} = 0,9K_{\text{к.из}} C_{\text{опт.эм}} \quad (3.12)$$

Нижний ценовой предел конструкторской разработки ориентировочно можно найти из следующего выражения [56]:

$$C_{\text{опт.н}} = 1,3 \dots 1,53 Z_{\text{сб}}. \quad (3.13)$$

Естественно, что установленная цена устройства должна соответствовать рассчитанному промежутку $C_{\text{опт}} \in (C_{\text{опт.в}} \div C_{\text{опт.н}})$. Обычно, для определения оптимальной рыночной цены проводится тщательный маркетинговый анализ. Но на стадии проектирования, как правило, достаточно руководствоваться рассчитанным ценовым промежутком.

При невозможности проведения комплексной оценки качества разработки для определения ее стоимости возможно использование только формулы (3.13).

Налогооблагаемая прибыль от реализации одного устройства найдется разностью:

$$П_{\text{н.изд}} = C_{\text{опт}} - Z_{\text{сб}}. \quad (3.14)$$

Чистые годовые денежные поступления получают как разность налогооблагаемой прибыли от реализации годового объема выпускаемых изделий N и налога на прибыль $НП$, с учетом амортизационных отчислений A , которые являются частью прибыли необлагаемой налогом [38, 52]:

$$П = (П_{\text{н.изд}} N - A) \left(1 - \frac{НП}{100} \right) + A. \quad (3.15)$$

Амортизационные отчисления можно упрощено вычислить по формуле

$$A = \sum_{j=1}^m K_{\text{о.фj}} \frac{a_j}{100}, \quad (3.16)$$

где $\overline{j, m}$ – перечень основных производственных фондов;

$K_{\text{о.фj}}$ – стоимость j -го производственного фонда с учетом стоимости его транспортировки монтажа и наладки;

a_j – норма амортизационных отчислений по j -му основному фонду.

Налог на прибыль в настоящее время установлен в размере 24%.

Договорная цена выпускаемого изделия рассчитывается с учетом налога на добавленную стоимость НДС, который учитывается в стоимости товара (НДС для подобного рода товаров составляет 20% от оптовой цены). При этом налоговая база определяется разностью между оптовой ценой товара и стоимостью потребленных ресурсов при его производстве (материалов, комплектующих, энергии и т.д. [33]). Иначе говоря:

$$C_{дог} = C_{опт} \left(1 + \frac{НДС}{100} \right) - (Z_k + Z_m + Z_e) \frac{НДС}{100}. \quad (3.17)$$

Объем выпускаемой продукции определяется путем проводимого специалистом анализа по оценке потребности в разрабатываемых устройствах в регионе. После установления объема изготовления решается вопрос организации производства. При расчете затрат на стадии производства должны учитываться дополнительные капитальные вложения.

3.3 РАСЧЕТ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЯ

Единовременные затраты в сфере производства разработанного изделия включают предпроизводственные затраты K_{mn} и капитальные вложения в производственные фонды завода-изготовителя $K_{n.ф}$:

$$K = K_{mn} + K_{n.ф}. \quad (3.18)$$

Предпроизводственные затраты определяются по формуле

$$K_{mn} = Z_{НИОКР} + K_{осв}, \quad (3.19)$$

где $Z_{НИОКР}$ – сметная стоимость НИОКР;
 $K_{осв}$ – затраты на освоение производства и доработку опытных образцов (ориентировочно можно принять $K_{осв}$ равными 5 ... 10% от себестоимости общего объема выпускаемых изделий).

Капитальные вложения в производственные фонды рассчитываются по формуле

$$K_{n.ф} = K_{o.ф} + K_{o.c} + K_{проч}, \quad (3.20)$$

где $K_{o.ф}$ – стоимость всех видов основных производственных фондов, непосредственно связанных с изготовлением проектируемого изделия. При этом, если изготовление новых изделий возможно на имеющемся оборудовании, должна быть учтена среднегодовая ос-

таточная стоимость основных производственных фондов изготовителя;

$K_{o.c}$ – пополнение оборотных средств. В состав оборотных средств включаются запасы сырья, материалов, топлива и полуфабрикатов, денежных активов, а также незавершенное производство ($K_{o.c}$ можно принять в размере 10 ... 20% от себестоимости годового выпуска продукции);

$K_{проч}$ – прочие капитальные вложения, связанные с предотвращением отрицательных социальных, экологических и других последствий, созданием социальной инфраструктуры ($K_{проч}$ можно принять в размере 5% от $K_{o.ф} + K_{o.c}$).

Все составляющие капитальных вложений в производственные фонды определяются прямым счетом на основе соответствующей проектно-сметной и технической документации, действующих преysкурантов цен, норм и нормативов.

Капитальные вложения в основные фонды могут быть также рассчитаны исходя из показателей удельной фондоемкости или капиталоемкости действующего производства с учетом их корректировки в зависимости от увеличения объема производимых изделий.

Расчет общих экономических показателей инвестиционного проекта – чистого дисконтированного дохода, внутренней нормы доходности и срока окупаемости производится в соответствии с ранее изложенными рекомендациями. Расчетный период при этом учитывает в себе моральное старение разрабатываемого устройства и составляет, как правило, 5 ... 6 лет.

Пример 3.1. В агроинженерном проекте необходимо выполнить расчет технико-экономических показателей источника электропитания ведомственной АТС на 200 номеров. Целью разработки нового образца источника питания АТС является снижение массы и габаритов системы электропитания при выполнении заданных требований по уровню технических характеристик.

Разработанный источник решает поставленную задачу за счет существенного сокращения дорогостоящих электротехнических материалов – стали магнитопровода и электротехнической меди обмоточных проводов.

Планируется выпуск устройств для перевооружения АТС на протяжении 3 лет с учетом потребностей рынка и его насыщения: в 1-й год – 60, во 2-й – 50, в 3-й год – 40 штук.

Разрабатываемое устройство сравнивается с базовым устройством, параметры которого приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Параметры базового устройства

Наименование показателей	Единица измерения	Значение показателей
Потребляемая мощность	Вт	900
cos φ	–	0,7
Масса	кг	35
Габариты	мм	660×550×390
Вероятность безотказной работы за год	–	0,61
Наработка до отказа	ч	17615
Коэффициент унификации	–	0,8
Стоимость без НДС	руб.	35000

Р е ш е н и е. 1. Расчет затрат на стадии исследования и разработки

Будем считать, что разработка источника питания ведется на специализированном предприятии, оснащенном соответствующим оборудованием и механизмами, поэтому производство работ сторонними организациями, командировочные расходы, амортизационные отчисления на оборудование не учитываем.

Затраты на разработку источника электропитания складываются из расходов по следующим статьям:

- заработная плата разработчиков;
- затраты на электроэнергию;
- затраты на изделия и полуфабрикаты.

Составим таблицу расходов на заработную плату разработчиков источника (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Заработная плата разработчиков источника питания

Этапы разработки	Исполнители	Часовая ставка, руб.	Количество исполнителей	Время выполнения работы, ч	Заработная плата, руб.
1. Разработка ТУ на схемную проработку	Ведущий инженер	50	1	16	800
2. Разработка схемы	Инженер	40	1	40	1600
3. Лабораторный макет	Техник	35	1	32	1120
4. Испытания	Инженер	40	1	24	960
	Техник	35	1	24	840

5. Оформление протоколов	Инженер	40	1	8	320
6. Разработка ТУ на конструкцию	Ведущий инженер	50	1	16	800
7. Разработка конструкции	Инженер-конструктор	40	2	40	1600
8. Опытный образец	Техник	35	2	40	1400
9. Оформление протокола испытаний	Техник	35	1	16	560
10. Испытания нового образца	Инженер	40	1	8	320
11. Оформление документации	Техник	35	1	16	560
	Инженер	40	1	16	640
Итого					11520

Дополнительная заработная плата составляет 0,1 от основной:

$$Z_o = 0,1 \cdot 11520 = 1152 \text{ руб.}$$

Единый социальный налог примем в размере 35,6% от суммы основной и дополнительной заработной платы:

$$Z_c = \frac{(11520 + 1152)}{100} 35,6 = 4511 \text{ руб.}$$

Принимаем коэффициент накладных расходов $\eta = 43\%$, тогда:

$$Z_n = 11520 \cdot 0,43 = 4954 \text{ руб.}$$

Для расчета других статей расходов (затрат на электроэнергию стоимость материалов и комплектующих изделий) составим таблицы 3.7 – 3.9.

Таблица 3.7 – Затраты на электроэнергию

Наименование прибора	Время работы, ч	Потребляемая мощность, кВт	Расход электроэнергии, кВт·ч	Тариф, руб./кВт·ч	Стоимость, руб.
Осциллограф С1-55	50	0,1	5	1,8	9
Вольтметр ВЗ-33	34	0,07	2,4	1,8	4,3
Паяльник	100	0,04	4	1,8	7,2
Сверлильный станок	5	1	5	1,8	9
Освещение	–	–	100	1,8	180
Итого					210

Таблица 3.8 – Стоимость расходных материалов

Наименование материалов	Единица измерения	Норма расхода	Цена единицы, руб.	Стоимость, руб.
Припой ПОС-60	кг	0,4	100	40
Канифоль	кг	0,2	60	12
Стеклотекстолит	кг	0,5	40	20
Монтажный провод МГВШ	м	30	23	690
Итого				754
Вспомогательные материалы (5%)				37,7
Всего				800

Таблица 3.9 – Стоимость комплектующих изделий

Наименование изделия	Тип, марка	Количество, шт.	Цена единицы, руб.	Стоимость, руб.
Конденсаторы	К-50	29	12	348
Конденсаторы	КМ 6	16	2,5	40
Контактор	ПМЕ	1	30	30
Резисторы	МЛТ	46	0,5	23
Предохранители	ВП-1	3	8	24
Трансформаторы	ТПП 253	1	60	60
	нестандартн.	2	80	160
	нестандартн.	1	30	30
	нестандартн.	1	11	11
Силовые диоды	КД 203В	4	10	40
	КЦ 416А	4	4	16
Импульсные диоды	КД 2997	29	4	116

Тиристор	КУ 202Н	1	10	10
Фильтры проходные керамические	523 А	6	12	72
Микросхема	К1114ЕУ3	1	80	80
Транзисторы силовые	КТ 817А	8	8	64
Транзисторы маломощные	КТ 630Е	8	4,5	36
Дроссели	Д13-21	3	20	60
	нестандартн.	1	25	25
Разъемы	–	2	15	30
Амперметр	М 362	1	40	40
Вольтметр	Э-30	1	50	50
И т о г о				1365

Общие затраты на проведение НИОКР составят:

$$Z_{\text{НИОКР}} = 11520 + 1152 + 4511 + 210 + (800 + 1365)1,05 + 4954 = 24620 \text{ руб.}$$

2. Расчет себестоимости изделия

Расчет себестоимости источника питания выполняем точным методом. При этом воспользуемся ранее полученными данными и дополнительно вычислим заработную плату производственных рабочих. Для этого составляем таблицу 3.10.

Таблица 3.10 – Основная заработная плата производственных рабочих

Наименование технологической операции	Разряд выполняемых работ	Норма времени, ч	Часовая тарифная ставка, руб./ч	Заработная плата по тарифу, руб.
Слесарная	3	10	30	300
Сборочная	3	10	30	300
Монтажная	3	150	30	4500
Регулировочная	4	40	35	1400
И т о г о		210		6500
Доплата за качество (10%)				650
В с е г о				7150

Результаты расчета отдельных составляющих себестоимости сведены в таблицу 3.11.

Таблица 3.11 – Полная калькуляция себестоимости изделия

Статья калькуляции	Сумма, руб.
1. Основная заработная плата производственных рабочих	7150
2. Дополнительная заработная плата производственных рабочих	715
3. Единый социальный налог	2800
4. Стоимость израсходованной электроэнергии	210
5. Стоимость сырья и материалов	800
6. Стоимость покупных и комплектующих изделий	1365

Примем величину коэффициента накладных расходов $\eta_n = 1,2$.
 Полная себестоимость источника электропитания по формуле (3.10)

$$Z_{сб} = [7150 + 715 + 2800 + 210 + 800 + 1365 + 7150 \cdot 1,2] \cdot 1,05 = 22700 \text{ руб.}$$

Формирования оптовой цены устройства проведем на основе условия (3.12). При этом для нахождения комплексного показателя качества проектируемого изделия построим таблицу единичных критериев качества и воспользуемся коэффициентами весомостей, полученными в примере 2.22. Для построения таблицы единичных критериев воспользуемся данными таблицы 3.5 и сравним параметры проектируемого изделия с параметрами базового. Частные критерия качества базового (эталонного) изделия примем за 1.

При этом проектируемое устройство имеет следующие технические характеристики:

- потребляемая мощность – 900 Вт;
- коэффициент мощности – 0,65;
- масса – 30 кг;
- габариты – 600×500×350;
- вероятность безотказно работы за год – 0,7;
- наработка до отказа – 20000 ч;
- коэффициент унификации – 0,7.

Таблица 3.12 – Единичные критерии качества

Показатель	Коэффициент весомости, d_i	Единичный критерий про- ектируемого изделия, k_i^*	Единичный критерий ба- зового изде- лия, k_i^*
1. Потребляемая мощность;	0,235	1,00	1
2. Коэффициент мощности;	0,102	0,929	1
3. Масса;	0,066	1,17	1
4. Габариты *;	0,087	1,348	1
5. Вероятность безотказной работы за год;	0,153	1,148	1
6. Нарботка до отказа;	0,194	1,135	1
7. Коэффициент унификации.	0,163	0,875	1

* В качестве габаритов принимаем объем описанного параллелепипеда (для эталона $660 \times 550 \times 390 \text{ мм} = 141570 \text{ см}^3$).

По аддитивной свертке (2.67) определим комплексный показатель качества проектируемого изделия:

$$1 \cdot 0,235 + 0,929 \cdot 0,102 + 1,17 \cdot 0,066 + 1,348 \cdot 0,087 + 1,148 \cdot 0,153 + 1,135 \cdot 0,194 + 0,875 \cdot 0,163 = 1,063.$$

Верхняя лимитная оптовая цена устройства согласно равенству (3.12):

$$C_{\text{опт.в}} = 0,9 \cdot 35000 \cdot 1,063 = 33475 \text{ руб.}$$

Нижняя лимитная цена:

$$C_{\text{опт.н}} = 1,3 \cdot 22700 = 29510 \text{ руб.}$$

Примем $C_{\text{опт}} = 32000 \text{ руб.}$

Налогооблагаемая прибыль от реализации одного изделия выразится разницей оптовой цены изделия и его себестоимости:

$$P_{\text{н.изд}} = 32000 - 22700 = 9300 \text{ руб.}$$

Договорная цена с учетом НДС в размере 20% составит (3.17):

$$C_{\text{дог}} = 32000 \left(1 + \frac{20}{100} \right) - (1365 + 800 + 210) \frac{20}{100} = 37925 \text{ руб.}$$

Годовые амортизационные отчисления вычислим, исходя из того, что стоимость основных производственных фондов $K_{\phi} = 120000$ руб., из которых станочное оборудование – 80 тыс. руб.; механизированный инструмент – 30 тыс. руб.; производственный инвентарь – 10 тыс. руб. Норма амортизационных отчислений в год составит соответственно 14,1%; 20%; 12,5%. Тогда по формуле (3.16)

$$A = 80000 \cdot 0,141 + 30000 \cdot 0,2 + 10000 \cdot 0,125 = 18530 \text{ руб.}$$

Чистые годовые денежные поступления от реализации разработки с учетом неодинакового по годам количества выпускаемых устройств по формуле (3.15)

$$П_{c1} = (60 \cdot 9300 - 18530) \left(1 - \frac{24}{100}\right) + 18530 = 428530 \text{ руб.};$$

$$П_{c2} = (50 \cdot 9300 - 18530) \left(1 - \frac{24}{100}\right) + 18530 = 357850 \text{ руб.};$$

$$П_{c3} = (40 \cdot 9300 - 18530) \left(1 - \frac{24}{100}\right) + 18530 = 287170 \text{ руб.}$$

3. Расчет капитальных вложений.

Капиталовложение в освоение производства возьмем в размере 5% от себестоимости общего объема выпускаемых изделий:

$$K_{ocв} = 22700 \cdot 150 \frac{5}{100} = 170250 \text{ руб.}$$

Предпроизводственные затраты согласно (3.19):

$$K_{nn} = 24620 + 170250 = 194870 \text{ руб.}$$

Капиталовложения в основные фонды приблизительно оценены в 120000 руб. ($K_{o.\phi} = 120000$ руб.).

Оборотные средства возьмем в размере 10% от себестоимости среднегодового выпуска продукции:

$$K_{o.c} = 0,10 \cdot 50 \cdot 22700 = 113500 \text{ руб.}$$

Прочие капиталовложения:

$$K_{nроч} = 0,05(120000 + 113500) = 11680 \text{ руб.}$$

Капиталовложения в производственные фонды по формуле (3.20)

$$K_{n.ф} = 120000 + 113500 + 11680 = 245180 \text{ руб.}$$

Полные капиталовложения по формуле (3.18)

$$K = 194870 + 245180 = 440000 \text{ руб.}$$

Для реализации данного проекта берется кредит в банке по ставке рефинансирования 23% с периодом долговых выплат – 3 года. Поскольку в данном случае прибыль в начальный период инвестиционного проекта предполагается выше, то целесообразно использовать второй способ погашения кредита в рассрочку (когда равномерно погашается основной долг) формула (2.61). Тогда платежи по годам соответственно составят:

$$K_1 = \frac{440000}{3} + 0,23 \left(440000 - \frac{440000(1-1)}{3} \right) = 247870 \text{ руб.}$$

$$K_2 = \frac{440000}{3} + 0,23 \left(440000 - \frac{440000(2-1)}{3} \right) = 214130 \text{ руб.}$$

$$K_3 = \frac{440000}{3} + 0,23 \left(440000 - \frac{440000(3-1)}{3} \right) = 180400 \text{ руб.}$$

Данные погашения кредита есть не что иное, как разнесенные во времени капитальные вложения предприятия-изготовителя. Поэтому эти денежные оттоки необходимо соответствующим образом продисконтировать.

Норма дисконта, исходя из темпов инфляции 12% и высокой поправки на риск $p = 13 \dots 15\%$ (таблица 2.7) при ставке рефинансирования 19,5% по формуле (2.35) составит:

$$E = \frac{1 + 0,195}{1 + 0,12} + 0,13 - 1 \approx 0,2.$$

Дисконтируя капиталовложения, получим при норме дисконта $E = 0,2$:

$$K_{\delta} = \sum_{m=0}^3 \frac{K_m}{(1 + 0,2)^m} = \frac{247870}{(1 + 0,2)} + \frac{214130}{(1 + 0,2)^2} + \frac{180400}{(1 + 0,2)^3} = 459660 \text{ руб.}$$

4. Расчет общих экономических показателей

Поскольку профиль дохода в данном случае описать математически затруднительно, чистый дисконтированный доход рассчитаем по упрощенной формуле (2.40). При этом на последнем шаге расчетного периода необходимо учесть остаточную стоимость основных фондов (2.42):

$$C_{ocm} = \sum_{j=1}^m K_j (1 - a_j n / 100) = 80000(1 - 0,141 \cdot 3) + 30000(1 - 0,2 \cdot 3) + 10000(1 - 0,125 \cdot 3) = 46180 \text{ руб.}$$

$$\begin{aligned} ЧДД &= \sum_{m=0}^3 \frac{\Pi_m}{(1 + 0,2)^m} - 459660 = \\ &= \frac{428530}{1 + 0,2} + \frac{357850}{(1 + 0,2)^2} + \frac{287170 + 46180}{(1 + 0,2)^3} - 459660 = 338870 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Поскольку $ЧДД > 0$, можно говорить об эффективности проекта.

Рассчитаем внутреннюю норму доходности ($E_{вн}$).

Денежный поток к расчету $ВНД$ имеет следующий вид:

0 шаг - 459660 руб.;

1 шаг 428530 руб.;

2 шаг 357850 руб.;

3 шаг 333350 руб. (с учетом остаточной стоимости основных фондов).

Найдем графически внутреннюю норму доходности проекта (рисунок 3.1):

Предполагаем из графика рисунка 3.1, что $E_{вн}$ лежит в диапазоне 65 ... 70%. $ЧДД$ при норме дисконта $E = 65\%$ равен 5700 руб. (положителен), при $E = 60\%$ $ЧДД = -15910$ руб. (отрицателен).

$$E_{вн} = 65 + \frac{5700}{5700 - (-15910)} (70 - 65) = 66,3\% .$$

Сужая диапазон нахождения $E_{вн}$ до 66 ... 67%, уточним значение $ВНД$.

$$E_{вн} = 66 + \frac{1228}{1228 - (-3170)} (67 - 66) = 66,28\% .$$

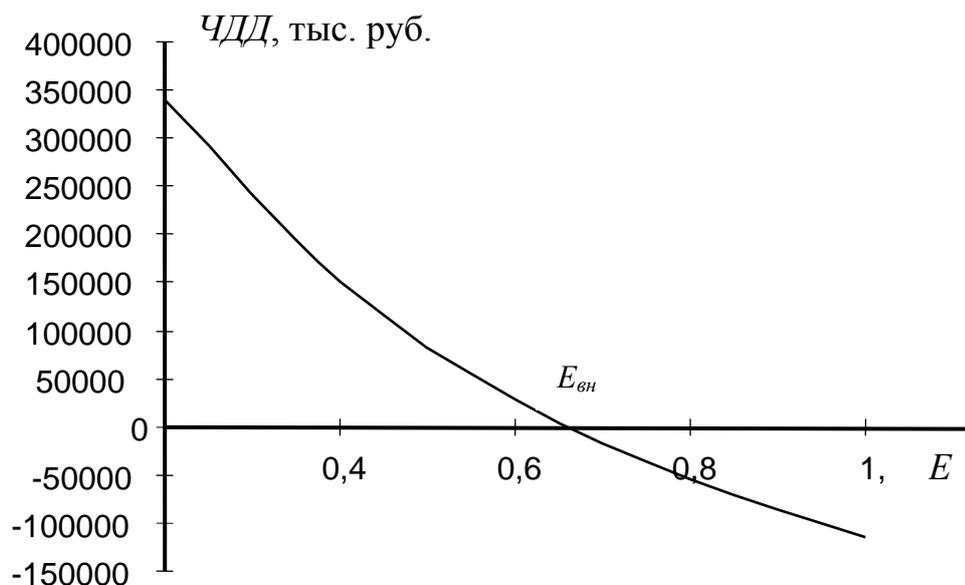


Рисунок 3.1 – Внутренняя норма доходности проекта

По приведенным выше рекомендациям рассчитаем также срок окупаемости капиталовложений с учетом дисконтирования. Величины приведенных (дисконтированных) годовых эффектов по годам расчетного периода равны:

$$\mathcal{E}_1 = \frac{428530}{1 + 0,2} = 357110 \text{ руб.};$$

$$\mathcal{E}_2 = \frac{357850}{(1 + 0,2)^2} = 248510 \text{ руб.};$$

$$\mathcal{E}_3 = \frac{333350}{(1 + 0,2)^3} = 192910 \text{ руб.}$$

Величина приведенного экономического эффекта за первый год составит:

$\mathcal{E}_1 = 357110$ руб., что меньше величины дисконтированных капиталовложений ($K = 459660$ руб.).

За 2 года:

$\sum_2 \mathcal{E} = 357110 + 248510 = 605620$, руб., что больше величины дисконтированных капиталовложений.

Тогда динамический срок окупаемости составит (2.54):

$$T_{ок.д} = 1 + \frac{459660 - 357110}{248510} = 1,41 \text{ года.}$$

Результаты технико-экономического расчета в целом по агроинженерному проекту могут быть представлены в виде таблицы 3.13.

Таблица 3.13 – Результаты технико-экономического расчета

Показатели	Варианты		Отношение показателей
	исходный	проектируемый	
Потребляемая мощность, Вт	900	900	1
Коэффициент мощности (cos φ)	0,7	0,9	1,286
Масса, кг	35	30	0,857
Габариты	660×550×390	600×500×350	0,741
Вероятность безотказной работы	0,61	0,7	1,148
Наработка на отказ, ч	17615	20000	1,135
Коэффициент применяемости	0,8	0,7	0,875
Комплексный показатель качества	1	1,063	1,063
Стоимость, руб.	35000	32000	0,914
Чистый дисконтированный доход от реализации устройств, руб.	–	338870	–
Внутренняя норма доходности, %	–	66,28	–
Срок окупаемости, лет	–	1,41	–

РАЗДЕЛ 4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

4.1. ОБЩИЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД

4.1.1. Расчет капитальных вложений

При проведении модернизации и внедрении нового оборудования в состав капитальных вложений предприятия включаются все единовременные затраты, которые должен нести потребитель в связи с переходом к эксплуатации более совершенных систем и оборудования.

Состав капитальных вложений в каждом конкретном случае различен и зависит от специфики проводимой модернизации или нового строительства. В общем случае капитальные вложения можно определить по формуле

$$K = K_n + K_c, \quad (4.1)$$

где K_n – прямые капитальные вложения;

K_c – сопутствующие капитальные вложения.

К прямым капитальным вложениям относятся совокупные затраты на приобретение оборудования.

Сопутствующие капитальные вложения определяются суммой нескольких составляющих по выражению

$$K_c = K_{np} + K_{дем} + K_{зд} + K_{тр} + K_{м.н} + K_{э} + K_{инф}, \quad (4.2)$$

где K_{np} – стоимость проекта;

$K_{дем}$ – единовременные затраты на демонтаж ранее установленного оборудования;

$K_{зд}$ – затраты на строительство или реконструкцию здания, на необходимые производственные площади и другие элементы основных фондов, связанные с использованием нового оборудования;

$K_{тр}$ – затраты на транспортировку нового оборудования к месту эксплуатации;

$K_{м.н}$ – затраты на установку, монтаж и наладку оборудования;

$K_{э}$ – затраты на предотвращение отрицательных экологических последствий;

$K_{инф}$ – затраты на создание социальной инфраструктуры.

Основным методом определения сопутствующих капитальных вложений является метод прямого счета. Расчет отдельных составляющих капи-

тальных вложений ведется на основе соответствующей проектно-сметной документации, действующих прейскурантов, ценников, норм и нормативов. В случае отсутствия необходимых данных можно воспользоваться рекомендациями, приводимыми в приложении Ж. Ориентировочно сопутствующие капиталовложения составляют 0,1 ... 0,2 от стоимости нового оборудования.

Если капиталовложения вносятся не разово перед началом эксплуатации, их необходимо привести к расчетному году с учетом коэффициента дисконтирования.

При использовании банковского кредита годовые платежи с учетом процентов также учитываются при формировании денежного потока.

4.1.2. Расчет эксплуатационных расходов

Основными составляющими годовых текущих издержек являются:

- заработная плата обслуживающего персонала;
- затраты на потребляемую электроэнергию;
- затраты на расходные материалы и запасные части;
- затраты на техническое обслуживание и текущие ремонты оборудования;
- ущерб, связанный с простоем оборудования при отказах.

Заработную плату обслуживающего персонала можно определить по формуле

$$Z_{пл} = N_p t_o s_m \eta_d \left(1 + \frac{\eta_c}{100} \right), \quad (4.3)$$

где N_p – численность обслуживающего персонала;

t_o – время затрачиваемое на обслуживание устройства, мес.;

s_m – среднемесячная заработная плата обслуживающего персонала, руб./мес.;

η_d – коэффициент дополнительной заработной платы ($\eta_d = 1,1 \dots 1,2$);

η_c – процент отчислений на социальное страхование ($\eta_c = 35,6\%$).

Затраты на потребляемую электроэнергию учитывают мощность и время работы электроустановок, а также тариф на электроэнергию:

$$Z_э = \sum_{g=1}^G P_g t_g u_э, \quad (4.4)$$

где $\overline{g, G}$ – перечень приемников электроэнергии;

P_g – потребляемая мощность g -го электроприемника, кВт;

t_g – действительный годовой фонд времени работы эксплуатируемого оборудования, ч;

$u_э$ – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч.

Затраты на вспомогательные материалы определяется по формуле

$$Z_m = m_m u_m, \quad (4.5)$$

где m_m – норма расхода вспомогательного материала, кг;

u_m – цена единицы вспомогательного материала, руб./кг. Стоимость вспомогательных материалов можно принять в размере 5% от стоимости оборудования.

Определенные сложности представляет вычисление затрат на технические обслуживания и ремонты оборудования. Указанная статья расходов вычисляется, если такая работа не входит в обязанности оперативного персонала и производится специальным подразделением.

Рассматриваемые затраты связаны с проведением плановых мероприятий и аварийными ремонтами:

$$Z_p = Z_n + Z_a, \quad (4.6)$$

где Z_n – стоимость плановых технических обслуживаний и ремонтов согласно ежегодного графика профилактических работ;

Z_a – затраты, связанные с аварийно-восстановительными работами.

При этом стоимость плановых мероприятий можно определить по формуле

$$Z_n = \sum_{i=1}^n s_{m.o.i} f_{m.o.i} c_{m.o.i} + \sum_{i=1}^n s_{m.pi} f_{m.pi} c_{m.pi}, \quad (4.7)$$

где $s_{m.o.i}$, $s_{m.pi}$ – число технических обслуживаний и текущих ремонтов для i -го вида оборудования, шт.;

$f_{m.o.i}$, $f_{m.pi}$ – трудоемкость проведения одного технического обслуживания и одного текущего ремонта i -го вида оборудования, чел-ч;

$c_{m.o.i}$, $c_{m.pi}$ – стоимость проведения одного технического обслуживания и ремонта i -го вида оборудования, руб./чел-ч.

Затраты на внеплановые ремонты можно определить, если располагать сведениями об аварийности i -го вида оборудования, трудозатратами на их устранение и удельной стоимостью работ:

$$Z_a = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta n_i}{100} N_i f_{p.ai} c_{p.ai}, \quad (4.8)$$

где Δn_i – процент ежегодного выхода из строя i -го вида оборудования от имеющегося парка, %;

N_i – число единиц оборудования i -го вида, шт.;

$f_{p.ai}$ – трудоемкость устранения одного аварийного выхода оборудования из строя, чел.-ч.;

$c_{p.ai}$ – стоимость одного чел.-ч работ для i -го вида оборудования.

Существует и более простой, но менее точный подход к определению затрат на технические обслуживания и текущие ремонты через нормативные показатели:

$$Z_n = \sum_{i=1}^n K_i \frac{\alpha_i}{100}, \quad (4.9)$$

где $i = \overline{1, n}$ – перечень имеющегося оборудования;
 K_i – стоимость i -го вида оборудования, руб.;
 α_i – процент отчислений на техническое обслуживание и текущий ремонт, % (см. приложение Е).

Ущерб при отказах связан с недополучением прибыли из-за простоя оборудования или порчи продукции:

$$Y = \sum_{\beta=1}^B \tau_{\beta} y_{\beta}, \quad (4.10)$$

где τ_{β} – суммарное время простоя по β -му технологическому процессу, ч;
 y_{β} – удельная величина технологического ущерба по β -му процессу, руб./ч.

Располагая отдельными составляющими эксплуатационных расходов, можно определить суммарные годовые текущие издержки:

$$Z = Z_{nl} + Z_{\varepsilon} + Z_m + Z_p + Y, \quad (4.11)$$

4.1.3. Определение показателей экономической эффективности инвестиционного проекта при внедрении новой техники

Анализируемые в агроинженерном проекте варианты технической реализации устройств и систем могут иметь различие в технико-экономических показателях. При этом отдельные технические характеристики опосредовано учитываются при расчете экономических показателей. Например, различная потребляемая мощность устройств учитывается при расчете потребляемой электроэнергии, повышение уровня электрификации и автоматизации процессов связано с изменением состава обслуживающего персонала, что может быть учтено при расчете заработной платы и т.д.

Для расчета показателей эффективности внедрения новых установок помимо капитальных вложений следует определить прибыль от внедрения инвестиционного проекта.

Валовую прибыль от реализации продукции можно определить по формуле

$$P_g = B - Z, \quad (4.12)$$

где B – полная годовая выручка от реализации продукции или услуг (например, абонентская плата за телефонные номера);
 Z – годовые эксплуатационные расходы.

Показатели экономической эффективности рассчитываются в соответствии с ранее изложенными рекомендациями.

Пример 4.1. В СХП было принято решение о закупке оборудования по досушиванию зерна кукурузы до кондиционной влажности. Предлагаемые варианты оборудования представлены в таблице 4.1. Данное решение было принято в связи с тем, что закупочная цена 1 тонны кукурузы при влажности 25 – 30% составляет $C_{30\%} = 1700$ руб., при влажности 14% $C_{14\%} = 2600$ руб. за тонну.

Таблица 4.1 – Варианты используемого оборудования

Модель	PRT75 (передвиж.)	PRT120 (передвиж.)	PRT200 (передвиж.)	PRT250 (стационар.)
Габариты при перевозке в контейнере, см	437×226×242	437×226×242	501×246×252	526×247×257
Масса, кг	2000	2000	3500	4700
Необходимая мощность (вариант привода от ВОМ), л.с.	30	60	80	---
Необходимая мощность (вариант привода от электродвигателя), кВт	15	22	37	47
Расход дизельного топлива на сушку 1 тонны зерна (влажность 30%), л	12	12	12	---
Расход газа на сушку 1 тонны зерна, м ³	14	13	12,6	12
Производительность				
Кукуруза: 30% – 14%, т/ч	1,8	3	5	6,5
Снижение влажности за час	4,5% ... 7%	4,5% ... 7%	4,5% ... 7%	4,5% ... 7%
Цена в EUR				
Привод от дизеля	26815	35155	42415	---
Привод от электродвигателя	30567	39652	48050	54812

Предварительный выбор вариантов

При предварительном выборе вариантов необходимо руководствоваться сроками выполнения работ по доведению всего объема зерна кукурузы до кондиционной влажности.

Данные сроки, по мнению специалистов не должны превышать 3 месяца, поскольку существует опасность порчи части продукции, также име-

ет значение быстрота реализации товара. Валовой сбор зерна кукурузы прогнозируемо составит 4400 тонн.

Исходя из этих соображений, при работе установки по 12 ч в сутки возможны варианты с использованием установок:

- 1) PRT200 с приводом от дизеля;
- 2) PRT200 с приводом от электродвигателя;
- 3) PRT250.

Расчет капитальных вложений по вариантам

Капитальные вложения можно ориентировочно рассчитать, воспользовавшись формулой

$$K = K_{np} + K_c,$$

где K_{np} – прямые капиталовложения.

K_c – сопутствующие капиталовложения.

При этом прямые капиталовложения равны стоимости приобретаемого оборудования и, с учетом курса EUR, по вариантам составит:

$$K_{n1} = 1526940 \text{ руб.}; K_{n2} = 1729800 \text{ руб.}; K_{n3} = 1973230 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капиталовложения (связанные с транспортировкой, монтажом, наладкой оборудования и строительством специального помещения) примем в размере 20% от прямых:

$$K_{c1} = 1526940 \cdot 0,2 = 305390 \text{ руб.};$$

$$K_{c2} = 1729800 \cdot 0,2 = 345960 \text{ руб.};$$

$$K_{c3} = 1973230 \cdot 0,2 = 394650 \text{ руб.}$$

Тогда полные капитальные вложения, как сумма прямых и сопутствующих затрат составят:

$$K_1 = 1526940 + 305390 = 1832330 \text{ руб.}$$

$$\text{Соответственно } K_2 = 2075760 \text{ и } K_3 = 2367880 \text{ руб.}$$

Расчет эксплуатационных расходов

Для 1 варианта полные затраты (Z) будут состоять из затрат на ТО и ТР ($Z_{ТР}$) оборудования, затрат на ГСМ ($Z_{ГСМ}$), заработной платы обслуживающего персонала ($Z_{пл}$), затрат на электроэнергию ($Z_э$) (освещение, аппаратура автоматики) и накладных расходов (Z_n).

$$Z = Z_{ТР} + Z_{ГСМ} + Z_{пл} + Z_э + Z_n.$$

Затраты на ТО и ТР оборудования по укрупненным показателям можно рассчитать, исходя из стоимости оборудования и нормы отчислений на ТО и ТР (a), которая для оборудования сезонного использования по справочной литературе [13, 39] составляет 6%.

$$Z_{ТР} = K_{nl} \frac{a}{100}.$$

$$Z_{ТР} = 1526940 \cdot 0,06 = 91620 \text{ руб.}$$

Затраты на ГСМ рассчитываются исходя из нормы потребления ГСМ на 1 т. кукурузы, его стоимости и количества досушиваемого зерна:

$$Z_{ГСМ} = Q_{гсм} \cdot V \cdot \mu_{гсм}.$$

где $Q_{гсм}$ – расход дизельного топлива на досушивание 1 т. зерна, 12 л.;
 V – общая масса досушиваемого зерна, 4400 т.
 $\mu_{гсм}$ – оптовая стоимость 1 л дизельного топлива, 12 руб.

$$Z_{ГСМ} = 12 \cdot 4400 \cdot 12 = 633600 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату обслуживающего персонала найдется по формуле:

$$Z_{пл} = Z_o + Z_d + Z_c,$$

где Z_o – основная заработная плата;
 Z_d – дополнительная заработная плата (10% от основной);
 Z_c – единый социальный налог, принимается в размере 35,6% от суммы основной и дополнительной заработной платы.

$$Z_o = N \cdot s_q \cdot t,$$

где $N=2$ – количество операторов;
 $s_q = 25$ руб./ч – часовая тарифная ставка 1 оператора;
 t – время работы установки в году, ч.

Время работы установки найдется исходя из производительности 5 т/ч и общего объема досушиваемого зерна – 4400 т.:

$$t = \frac{4400}{5} = 880 \text{ ч.}$$

$$Z_o = 2 \cdot 25 \cdot 880 = 44000 \text{ руб.}$$

$$Z_d = 0,1 \cdot 44000 = 4400 \text{ руб.}$$

$$Z_c = 0,356 \cdot (44000 + 4400) = 17230 \text{ руб.}$$

$$Z_{nl} = 44000 + 4400 + 17230 = 65630 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию:

$$Z_э = P \cdot t \cdot u_э,$$

где $P \approx 3$ кВт – мощность осветительных приборов и средств контроля и автоматики;

$u_э = 1,8$ руб./кВт·ч – тариф на электроэнергию для СХП.

$$Z_э = 3 \cdot 880 \cdot 1,8 = 4750 \text{ руб.}$$

Накладные расходы рассчитываются по нормативу от основной заработной платы операторов. При этом по структуре:

Заведующий механизированным током – 90% от Z_o ;

Агроном-семеновод – 80%;

Весовщик – 70%;

Водители (2 чел) – по 70%;

Механизатор по погрузке – 70%;

Лаборант – 45%.

$$Z_n = (0,9 + 0,8 + 4 \cdot 0,7 + 0,45) \cdot 44000 = 4,95 \cdot 44000 = 217800 \text{ руб.}$$

Полные затраты по 1 варианту составят:

$$Z_1 = 91620 + 633600 + 65630 + 4750 + 217800 = 1013400 \text{ руб.}$$

Себестоимость досушивания 1 тонны продукции $C_1 = 230,3$ руб.

Для 2 и 3 вариантов необходимо учесть, что в структуре затрат отсутствуют затраты на ГСМ, но имеют место затраты на природный газ, который выступает в качестве топлива.

Для 2 варианта:

$$Z_{TP} = 1729800 \cdot 0,06 = 103790 \text{ руб.}$$

$$Z_{газ} = V \cdot Q_{газ} \cdot u_{газ}$$

где $Q_{газ}$ – расход газа на 1 т зерна, $12,6 \text{ м}^3$.

$u_{газ}$ – стоимость 1 м^3 газа, $1,7$ руб.

$$Z_{\text{газ}} = 4400 \cdot 12,6 \cdot 1,7 = 94250 \text{ руб.}$$

Заработная плата, поскольку производительность установок одинаковая составит как и в предыдущем варианте

$$Z_{\text{пл}} = 65630 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию с учетом того, что суммарная мощность электропотребителей равна 40 кВт:

$$Z_{\text{э}} = 880 \cdot 40 \cdot 1,8 = 63360 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{н}} = 44000 \cdot 4,95 = 217800 \text{ руб.}$$

Полные затраты по 2 варианту составят:

$$Z_2 = 103790 + 94250 + 65630 + 63360 + 217800 = 544840 \text{ руб.}$$

Себестоимость досушивания 1 тонны продукции $C_2 = 123,8$ руб.

Для 3 варианта:

$$Z_{\text{ГР}} = 1973230 \cdot 0,06 = 118390 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{газ}} = 4400 \cdot 12 \cdot 1,7 = 89760 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата, исходя из того, что установка справится с объемом работ за $t = \frac{4400}{6,5} = 680$ часов:

$$Z_o = 2 \cdot 25 \cdot 680 = 34000 \text{ руб.}$$

$$Z_d = 3400 \text{ руб.}$$

$$Z_c = 13310 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пл}} = 50710 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию с учетом того, что суммарная мощность электропотребителей 50 кВт:

$$Z_{\text{э}} = 50 \cdot 680 \cdot 1,8 = 61200 \text{ руб.}$$

$$Z_n = 4,95 \cdot 34000 = 168300 \text{ руб.}$$

Полные затраты по 3 варианту составят:

$$Z_3 = 118390 + 89760 + 50710 + 61200 + 168300 = 488360 \text{ руб.}$$

Себестоимость досушивания 1 тонны продукции $C_3 = 111,0$ руб.

Расчет прибыли

Балансовая прибыль проекта найдется как разница между дополнительной выручкой от реализации более качественного зерна и затратами на повышение этого качества.

Дополнительная выручка:

$$B = B_{14\%} - B_{30\%},$$

где $B_{14\%}$ – выручка от реализации зерна при влажности 14%;

$B_{30\%}$ – выручка от реализации зерна при влажности 30%.

Стоимость 1 т кукурузы при 14%-ой и 30%-ой влажности соответственно составляет 2600 и 1700 руб.

$$B_{30\%} = 4400 \cdot 1700 = 7480000 \text{ руб.}$$

При расчете выручки от реализации зерна 14% влажности необходимо учесть, что часть общей массы зерна потеряется в виде испаренной влаги,

и масса такого зерна составит: $4400 \frac{1 - 0,3}{1 - 0,14} = 3581 \text{ т.}$

$$B_{14\%} = 3581 \cdot 2600 = 9310600 \text{ руб.}$$

$$B = 9310600 - 7480000 = 1830600 \text{ руб.}$$

Балансовая прибыль по вариантам:

$$P_{\text{б}} = B - Z.$$

$$P_{\text{б1}} = 1830600 - 1013400 = 817200 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{б2}} = 1830600 - 544830 = 1285770 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{б3}} = 1830600 - 488360 = 1342240 \text{ руб.}$$

Амортизация (А) при норме амортизационных отчислений $a = 11,1\%$ (Приложение Е) от стоимости оборудования по вариантам соответственно составят:

$$A = K_{\text{нр}} \frac{a}{100}.$$

$A_1 = 169660$ руб., $A_2 = 192200$ руб., $A_3 = 219250$ руб.

Чистая прибыль найдется по формуле

$$\Pi = (\Pi_{\text{б}} - A) \left(1 + \frac{НП}{100} \right) + A$$

и составит по вариантам соответственно:

$\Pi_1 = 661790$ руб., $\Pi_2 = 1023310$ руб., $\Pi_3 = 1072850$ руб.

Расчет основных показателей экономической эффективности проекта

Расчет чистого дисконтированного дохода проведем за нормативный срок службы установки $n = 9$ лет ($n = 100/a$). Норму дисконта принимаем $E = 0,2$.

$$\text{ЧДД} = \sum_{m=1}^n \frac{\Pi}{(1 + E)^m} - K.$$

$$\text{ЧДД}_1 = \sum_{m=1}^9 \frac{661790}{(1 + 0,2)^m} - 1832330 = 835320 \text{ руб.}$$

$\text{ЧДД}_2 = 2049170$ руб. и $\text{ЧДД}_3 = 1956740$ руб.

По критерию ЧДД наиболее эффективным является 2 проект, наименее – 1.

Внутренняя норма доходности по проектам соответственно составит:

$E_{\text{вн1}} = 33,5\%$; $E_{\text{вн2}} = 47,9\%$; $E_{\text{вн3}} = 43,6\%$. Наиболее эффективный – 2 вариант, наименее – 1.

Сроки окупаемости с учетом дисконтирования соответственно: $T_{\text{ок.д1}} = 4,4$ года; $T_{\text{ок.д2}} = 2,9$ года; $T_{\text{ок.д3}} = 3,2$ года. Наиболее эффективный – 2 вариант, наименее – 1.

Индексы доходности: $ИД_1 = 1,46$; $ИД_2 = 1,99$; $ИД_3 = 1,83$. Наиболее эффективный – 2 вариант, наименее – 1. Как видно из результатов расчета 2 вариант проекта предпочтителен по всем показателям.

Методика определения внутренней нормы доходности, динамического срока окупаемости и индекса доходности подробно изложена во втором разделе пособия.

4.2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СРЕДСТВ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

При разработке агроинженерных проектов такого направления проводится анализ степени технического совершенства производственных процессов, уровня электрификации, эффективности производственной деятельности, выявление возможных путей совершенства работы предприятия.

Источниками информации могут служить годовые отчеты предприятия за последние 3 ... 5 лет, техническая документация, личные наблюдения специалиста.

Основные направления сбора информации:

- характеристика предприятия и объема выпускаемой продукции;
- основные финансовые результаты;
- среднегодовое число работников предприятия;
- технологические и технические средства, используемые на предприятии;
- себестоимость производства продукции;
- время эксплуатации технических средств;
- объем и структура потребления электроэнергии и других видов энергии;
- мощность электроприемников и других энергоустановок;
- аварийность технических средств и электрооборудования.

Результаты обследования позволят определить техническую оснащенность и уровень электрификации.

При определении показателей технической оснащенности в первую очередь нужно оценить обеспеченность предприятия основными фондами, рассчитав такой показатель, например, как фондовооруженность труда:

$$\Phi_T = \frac{K_{o.\phi}}{N_n}, \quad (4.13)$$

где $K_{o.\phi}$ – стоимость основных производственных фондов, тыс. руб.;
 N_n – среднегодовая численность работников предприятия, чел.

Следует также оценить техническую вооруженность труда:

$$B_{mex} = \frac{K_{a.\phi}}{N_n}, \quad (4.14)$$

где $K_{a.\phi}$ – стоимость активной части производственных фондов (машин, оборудования, транспортных средств), тыс. руб.

Серьезное внимание должно быть уделено оценке уровня электрификации и автоматизации предприятия.

Уровень электрификации характеризуется абсолютными и относительными показателями. Абсолютные показатели дают представление о размере и структуре электрохозяйства, объеме потребляемой электроэнергии. Относительные показатели позволяют реально оценить уровень электрификации производства

В качестве абсолютных показателей следует рассматривать парк электрооборудования, мощность электродвигателей и других электроустановок, годовое потребление электроэнергии, состав энергослужбы.

К относительным показателям можно отнести:
электровооруженность труда

$$H_T = \frac{W_{np}}{N_p}, \quad (4.15)$$

где W_{np} – количество электроэнергии, потребляемой на производственные нужды за год, кВт·ч;
 N_p – среднее число производственного персонала, чел;

коэффициент электрификации

$$k_{эл} = \frac{W_{np}}{W_{np} + W'_{np}} < 1, \quad (4.16)$$

где W'_{np} – энергия других видов, потребляемая на предприятии в течение года, кВт·ч;

электроемкость производства продукции

$$H_{mn} = \frac{W_{np}}{C_{вн}}, \quad (4.17)$$

где $C_{вн}$ – объем производства продукции в сопоставимых ценах, тыс. руб.;

темп роста электропотребления

$$\Delta X = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{W_{t(i+1)}}{W_{ti}}}{n-1} - 1, \quad (4.18)$$

где $W_{i(i+1)}$, W_{ii} – электропотребление последующего и предыдущего годов отчетного периода, кВт·ч;
 n – количество лет отчетного периода, по которому определяется среднегодовой темп прироста электропотребления.

Внедрение средств электрификации и автоматизации ведет к повышению технического уровня предприятия и во многом определяет экономические показатели производства продукции. При этом сами технические средства имеют ряд показателей, таких как КПД, мощность, надежность и т.д. Определяющими среди этих показателей являются показатели надежности, так как отказ в работе средств электрификации и автоматизации может привести к простоям технологического оборудования и возможному материальному ущербу. Таким образом при рассмотрении нескольких вариантов электрификации, отличающихся между собой по надежности, нужно учитывать ущерб от простоя оборудования.

4.2.1. Определение капитальных вложений в средства электрификации и автоматизации

Величина капитальных вложений в средства электрификации и автоматизации производственных процессов включает все затраты, связанные с проведением необходимых работ.

При определении капитальных вложений необходимо учитывать затраты на разработку проекта (K_{np}), приобретение технологического оборудования ($K_{m.o}$) и средств электрификации ($K_{эл}$), монтаж машин и оборудования ($K_{м.н}$), монтаж внутренней электропроводки ($K_{эл}$), строительство специальных помещений и сооружений ($K_{зд}$), а также торгово-транспортные и складские расходы ($K_{с.р}$):

$$K = K_{np} + K_{m.o} + K_{эл} + K_{м.н} + K_{эл} + K_{зд} + K_{с.р}. \quad (4.19)$$

Стоимость проектных работ обычно принимают в размере до 3% от сметной стоимости основного оборудования:

$$K_{np} = (K_{m.o} + K_{эл}) \frac{\eta_{np}}{100}. \quad (4.20)$$

Расходы на строительство специальных помещений для работы машин и агрегатов или выполнения специальных строительно-монтажных работ определяются по сметам проектов этих сооружений. При отсутствии проекта капитальные вложения в строительную часть берут по укрупненным данным (стоимости 1 м³ строительного объема здания, 1 м² площади,

1 км линий и т.д.). Например, при наличии удельной стоимости 1 м² площади здания:

$$K_{зд} = c_{зд} F_{зд}.$$

Ориентировочная стоимость 1 м² производственной площади $c_{зд} = 2000 \dots 5000$ руб.

Расходы на приобретение машин и средств электрификации вычисляются по действующим оптовым ценам на оборудование.

Сметная стоимость монтажных работ может быть установлена по ценникам. Для определения затрат на монтаж технологического и электротехнического оборудования, электропроводок, приборов, средств автоматизации и вычислительной техники используются приложение СНиП «Сборник расценок на монтаж оборудования», Ценник №8 «Электрические установки» и Ценник №11 «Приборы, средства автоматизации и вычислительная техника». При пользовании прейскурантами в стоимости материальных ресурсов должны учитываться наценки снабженческо-сбытовых организаций, транспортные и заготовительно-складские расходы, а также накладные расходы и плановые накопления.

При отсутствии ценников ориентировочно можно принять долю затрат на монтаж и наладку технологического оборудования, средств электрификации и автоматизации в размере $\eta_{м.н} = 0,2 \dots 0,25$ от стоимости оборудования:

$$K_{м.н} = \eta_{м.н} (K_{т.о} + K_{эл}). \quad (4.21)$$

Удельные затраты на внутреннюю электропроводку включают в себя: стоимость проводки и ее прокладки от силового щита к электрифицированной машине. На практике стоимость прокладки 1 м кабеля открытым способом составляет 20 ... 25 руб., в трубе – 60 руб.

Коэффициент, учитывающий торгово-транспортные и складские расходы ($\eta_{с.р}$) принимают в среднем равным 0,11 от стоимости оборудования:

$$K_{с.р} = \eta_{с.р} (K_{т.о} + K_{эл}). \quad (4.22)$$

В тех случаях, когда применение тех или иных средств электрификации не требует проведения строительных работ $K_{зд} = 0$.

При сопоставлении различных вариантов автоматизации производственных процессов и постоянстве технологического оборудования в них необходимо определять только капитальные вложения в средства автоматизации.

4.2.2. Расчет затрат на эксплуатацию средств электрификации и автоматизации технологических процессов

Общие эксплуатационные затраты определяются как сумма отдельных составляющих затрат: заработной платы $Z_{нл}$, стоимости израсходованной электроэнергии $Z_{э}$, затрат на материалы $Z_{м}$, отчислений на технические обслуживания и текущие ремонты $Z_{н}$, ущерба от отказов средств электрификации и автоматизации $У$:

$$Z = Z_{нл} + Z_{э} + Z_{м} + Z_{н} + У. \quad (4.23)$$

Заработная плата может быть разбита на две группы – заработная плата технологического персонала и электромонтеров, обслуживающих средства электрификации и автоматизации.

Заработную плату первой группы работников определяют по существующим расценкам за единицу продукции с учетом полного объема ее производства (при сдельной оплате труда).

$$Z_{нл.1} = M u_n k_o \eta_o \left(1 + \frac{\eta_c}{100} \right) k_d, \quad (4.24)$$

где M – объем произведенной продукции, кг, шт и т.п.;
 u_n – стоимость единицы продукции, руб./кг, руб./шт и т.п.;
 k_o – коэффициент отчислений на заработную плату от стоимости продукции;
 η_o – коэффициент, учитывающий дополнительные начисления на зарплату ($\eta_o = 0,1 \dots 0,2$);
 η_c – норматив отчислений в единый социальный налог ($\eta_c = 35,6\%$);
 k_d – коэффициент, учитывающий классность, стаж работы и т.д. ($k_d = 1,2 \dots 1,5$).

Заработная плата персонала, обслуживающего средства электрификации и автоматизации $Z_{нл.2}$, определяется с учетом количества персонала N_p и его заработка:

$$Z_{нл.2} = N_p s_q \Phi_z \eta_o \left(1 + \frac{\eta_c}{100} \right), \quad (4.25)$$

где N_p – количество электротехнического персонала, обслуживающего средства электрификации и автоматизации, чел.;
 s_q – средняя часовая тарифная ставка электромонтера, руб./ч.;
 Φ_z – годовой фонд рабочего времени электромонтера, ч.

Необходимую численность электромонтеров, обслуживающих средства электрификации и автоматизации, рассчитывают исходя из трудоемкости проведения межремонтных обслуживаний и текущих ремонтов:

$$N_p = \frac{V_{y\partial} Q}{\Phi_z}, \quad (4.26)$$

где $V_{y\partial}$ – затраты труда на проведение эксплуатационных мероприятий объемом 1 у.е.э., чел.-ч/у.е.э.;
 Q – объем выполняемой работы в у.е.э.

Затраты на материалы принимают с учетом цены на каждый вид материала и объема его использования:

$$Z_m = \sum_{i=1}^n u_{mi} m_{mi}, \quad (4.27)$$

где u_{mi} – удельная стоимость единицы материала, руб./кг, руб./м и т.п.;
 m_{mi} – количество используемого материала i -го вида, кг, м и т.п.

Расходы на текущий ремонт машин, оборудования, зданий определяют в процентах от балансовой стоимости основных средств:

$$Z_n = \sum_{j=1}^m K_{o.\phi j} \frac{\alpha_j}{100}, \quad (4.28)$$

где $\overline{j, m}$ – перечень основных фондов;
 $K_{o.\phi j}$ – капиталовложения в j -й вид основных фондов, руб.;
 α_j – годовая норма отчислений на техническое обслуживание и текущий ремонт по j -м основным фондам, %;

Стоимость израсходованной электроэнергии за год определяют по формуле

$$Z_3 = P_y t_2 k_3 u_3, \quad (4.29)$$

где P_y – установленная мощность электроприемников, кВт;
 t_2 – длительность работы установки в году, ч;
 k_3 – коэффициент загрузки оборудования ($k_3 = 0,5 \dots 0,75$);
 u_3 – цена на электроэнергию, руб./кВт·ч.

При необходимости отдельно определить годовой расход электроэнергии на освещение можно воспользоваться формулой

$$Z_{3.o} = t_{oc} F_{yu} s_o u_3 / 1000, \quad (4.30)$$

где t_{oc} – годовая продолжительность использования максимума осветительной нагрузки ($t_{oc} = 800$ ч);

$F_{уч}$ – площадь участка предприятия, для которого ведется расчет, м²;
 s_o – удельная мощность осветительной нагрузки ($s_o = 13 \dots 20$ Вт/м²).

Аварийные отказы в работе средств электрификации и автоматизации приводят к нарушениям технологических процессов, недовыпуску продукции, нерациональному расходованию трудовых и материальных ресурсов, увеличению затрат на ремонт и содержание техники.

Если рассматривается несколько вариантов проекта и надежность средств электрификации и автоматизации существенно отличается необходимо рассчитать ущерб. В общем случае ущерб от одного отказа технических средств определяется по выражению:

$$Y = Y_1 + Y_2, \quad (4.31)$$

где Y_1 – технологический ущерб, связанный с недовыпуском и порчей продукции;

Y_2 – затраты на устранение отказов.

Определение величины ущерба связано с определенными трудностями: требуется значительное количество информации по влиянию длительности перерывов на выход из строя различной продукции. Часто такой информации нет, поэтому пользуются методом удельных коэффициентов.

Величину технологического ущерба в этом случае можно определить по формуле

$$Y_1 = \sum_{\beta=1}^B \tau_{\beta} y_{\beta} \Theta_{\beta}, \quad (4.32)$$

где B – количество технологических процессов;

τ_{β} – суммарное время простоя технологического оборудования по β -му процессу в год, ч;

y_{β} – удельная величина вероятного технологического ущерба по β -му процессу, руб./(т·ч);

Θ_{β} – размер производства продукции, т.

Затраты на устранение аварийных отказов включают: заработную плату ремонтного персонала, транспортные расходы, стоимость материалов и запчастей, накладные расходы. Зная структуру затрат, можно определить Y_2 :

$$Y_2 = \tau_{\Sigma} N_{p.n} s_{\Sigma} \eta_{\partial} \left(1 + \frac{\eta_c}{100} \right) k_{p.m}, \quad (4.33)$$

где τ_{Σ} – суммарное время простоя технологических процессов, ч;

$N_{p.n}$ – число ремонтного персонала, задействованного на устранении аварий, чел.;

s_{Σ} – часовая тарифная ставка ремонтного персонала, руб./ч;

η_d – коэффициент дополнительных начислений на зарплату ($\eta_d = 1,1$);

η_c – процент отчислений в фонд социального страхования ($\eta_c = 35,6\%$);

$k_{p.m}$ – коэффициент, учитывающий затраты на материалы, транспортные и накладные расходы ($k_{p.m} = 2,35$).

4.2.3. Определение показателей экономической эффективности внедрения средств электрификации и автоматизации

Критериями экономической эффективности внедрения средств электрификации и автоматизации являются максимум производительности общественного труда или минимум затрат совокупного труда на единицу продукции (услуг, работы).

Электрификация и автоматизация производства приводит к экономии живого труда, снижению трудоемкости производства продукции, сокращению потребности в рабочей силе.

В большинстве случаев при внедрении средств электрификации производится сравнение проектируемого варианта с базовым, в котором технологические процессы не автоматизированы, задействование их осуществляется вручную, используется постоянное дежурство обслуживающего персонала.

Годовой эффект от внедрения средств электрификации и автоматизации может быть достигнут:

1. За счет снижения эксплуатационных расходов:

$$P_g = z_{y\partial} \Theta \quad (4.34)$$

где $z_{y\partial}$ – удельная величина эксплуатационных расходов на единицу продукции, руб./ед. пр.;

Θ – валовое производство продукции, ед. пр.

2. За счет снижения себестоимости продукции:

$$P_g = (u_{\partial} - u_n) \Theta, \quad (4.35)$$

где u_{∂} и u_n – среднеарифметическая цена продукции в базовом и проектируемом вариантах, руб./ед. пр.

3. За счет повышения производительности труда. Годовая экономия трудозатрат:

$$T_z = (T_{\partial} - T_n) \Theta, \quad (4.36)$$

где $T_{\bar{o}}$ и T_n – трудоемкость производства продукции в базовом и проектируемом вариантах, чел.-ч.

4. За счет сокращения числа работников:

$$П_{\bar{o}} = N_{\bar{o},p} s_{\text{ч}} \Phi_{\bar{o}}, \quad (4.37)$$

где $N_{\bar{o},p}$ – число высвобождающихся работников, чел.;
 $s_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка, руб./ч;
 $\Phi_{\bar{o}}$ – годовой фонд рабочего времени работника, ч.
При этом число высвобождающихся работников:

$$N_{\bar{o},p} = \frac{(T_{\bar{o}} - T_n) \Theta}{\Phi_{\bar{o}}}, \quad (4.38)$$

5. За счет использования электроэнергии (замена ручного труда на электрифицированные процессы, облучение, досвечивание и т.д.):

$$П_{\bar{o}} = m_{\bar{o}} W_{\bar{o}}, \quad (4.39)$$

где $m_{\bar{o}}$ – выход дополнительного дохода, на каждый потребленный (дополнительно потребленный) 1 кВт·ч электроэнергии, руб./кВт·ч;
 $W_{\bar{o}}$ – количество потребленной (дополнительно потребленной) электроэнергии, кВт·ч.

С учетом налога на прибыль можно определить чистую прибыль:

$$П = П_{\bar{o}} \left(1 - \frac{НП}{100} \right). \quad (4.40)$$

Зная размер прибыли, производится расчет других показателей экономической эффективности инвестиционных проектов.

Пример 4.2. Определить экономическую эффективность от автоматизации управления активным вентилированием в картофелехранилище на 2000 т с четырьмя вентиляционными камерами, если возможны следующие варианты: 1 – ручное управление, 2 – использование разработанной системы автоматического управления вентиляцией.

По опытным данным переход с ручного на автоматическое управление вентиляцией сокращает порчу картофеля с 9 до 8%. Капитальные затраты на систему автоматического управления с приставкой для дистанционного измерения температуры составляют 90 тыс. руб., отчисления на текущий ремонт $\alpha = 5\%$. Средняя заготовительная цена 1 тонны картофеля – 4 тыс. руб.

Р е ш е н и е. 1. Определяем ущерб от потерь картофеля по сравниваемым вариантам:

при ручном управлении $Y_p = 0,09 \cdot 2000 \cdot 4 = 720$ тыс. руб.;

при автоматическом управлении $Y_a = 0,08 \cdot 2000 \cdot 4 = 640$ тыс. руб.

Следовательно, при использовании автоматического управления достигается доход от потерь картофеля в процессе хранения:

$$D_1 = Y_p - Y_a = 720 - 640 = 80 \text{ тыс. руб.}$$

2. Найдем годовые эксплуатационные издержки по двум вариантам. Затраты на электроэнергию и другие ресурсы и материалы остаются одинаковыми по обоим вариантам, поэтому их в расчет не вводим.

3. При ручном управлении на 4 камерное овощехранилище требуется круглосуточное дежурство 1 рабочего со ставкой $s_q = 12$ руб./ч. Длительность хранения картофеля $\Phi_x = 250$ дней. Тогда:

$$Z_1 = N_p s_q \Phi_x \eta_o \left(1 + \frac{\eta_c}{100} \right) = 1 \cdot 12 \cdot 24 \cdot 250 \cdot 1,1 \cdot 1,356 = 107,4 \text{ тыс. руб.}$$

При автоматическом управлении отчисления на ремонт составят:

$$Z_2 = K \frac{\alpha}{100} = 90 \frac{5}{100} = 4,5 \text{ тыс. руб.}$$

Экономия эксплуатационных расходов составит:

$$D_2 = Z_1 - Z_2 = 107,4 - 4,5 = 102,9 \text{ тыс. руб.}$$

Валовая прибыль за год эксплуатации от внедрения системы автоматического управления активным вентилированием в картофелехранилище:

$$P_g = D_1 + D_2 = 80 + 102,9 = 182,9 \text{ тыс. руб.}$$

Чистые денежные поступления с учетом 24% налога на прибыль составит:

$$П = P_g \left(1 - \frac{24}{100} \right) = 182,9 \cdot 0,76 = 139 \text{ тыс. руб.}$$

5. Рассчитаем основные экономические показатели данного инвестиционного проекта.

Чистый дисконтированный доход за 7 лет эксплуатации системы (ориентировочный срок службы) при норме дисконта для инвестиционных проектов, связанных с сокращением производственных затрат $E = 0,15$:

$$ЧДД = \sum_{m=1}^7 \frac{139}{(1 + 0,15)^m} - 90 = 488,3 \text{ тыс. руб.}$$

Поскольку $ЧДД > 0$, проект эффективен.

Рассчитаем внутреннюю норму доходности ($ВНД$) данного проекта, предполагая, что $E_{вн}$ лежит в интервале 150 ... 160%. $ЧДД$ при норме доходности $E = 150\%$ составит 2,515 тыс. руб. – положителен, при норме доходности $E = 160\%$ $ЧДД = - 3,233$ тыс. руб. – отрицателен.

Согласно формуле (2.43):

$$\begin{aligned} E_{вн} &= E_1 + \frac{ЧДД(E_1)}{ЧДД(E_1) - ЧДД(E_2)} (E_2 - E_1) = \\ &= 150 + \frac{2,515}{2,515 - (-3,233)} (160 - 150) = 154,4\%. \end{aligned}$$

Уточняем значение $E_{вн}$, предполагая интервал 154 ... 155%. При $E = 154\%$ $ЧДД = 0,127$ тыс. руб., при $E = 155\%$ $ЧДД = - 0,450$ тыс. руб.:

$$E_{вн} = 154 + \frac{0,127}{0,127 - (-0,450)} (155 - 154) = 154,22\%.$$

Рассчитаем срок окупаемости проекта:

Приведенный экономический эффект уже за 1 год превышает капитальные затраты:

$$\mathcal{E}_1 = \frac{139}{(1 + 0,15)} = 120,9 \text{ тыс. руб.} > K = 90 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, срок окупаемости дополнительных капиталовложений равен:

$$T_{ок} = \frac{K}{\mathcal{E}_1} = \frac{90}{120,9} = 0,74 \text{ года.}$$

4.3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОПИТАЮЩИХ УСТАНОВОК

При проектировании вопросов электроснабжения потребителей решаются задачи создания новых, расширения и реконструкции существующих электроустановок, разработки мероприятий по снижению потерь электроэнергии, повышению надежности электроснабжения и т.д.

Комплексная оценка эффективности принимаемых решений по вопросам электроснабжения должна предусматривать рассмотрение альтернативных вариантов на многокритериальной основе. В качестве частных показателей качества в первую очередь следует рассматривать экономические характеристики, показатели надежности, показатели качества электроэнергии.

Отключение электроэнергии и выход параметров электроэнергии за пределы установленных допусков связаны с ущербом и приводят к сопутствующим экономическим эффектам. В ряде случаев экономический ущерб от таких факторов может быть сопоставим с основными экономическими показателями. В силу этого при анализе вариантов, отличающихся по надежности и качеству электроэнергии, необходимо учитывать ущерб от ненадежной работы электропитающих установок.

4.3.1. Экономические расчеты при проектировании электрических сетей

Расчет капитальных вложений

Капитальные вложения в строительство новых электросетевых установок включают затраты на изыскательные, проектные и подготовительные работы (K_{np}); стоимость оборудования (K_o); стоимость строительно-монтажных работ, включающих транспортные расходы и затраты на эксплуатацию строительных машин и механизмов ($K_{м.н}$); стоимость отчуждения земли и затраты на переустройство других объектов ($K_{о.з}$):

$$K = K_{np} + K_o + K_{м.н} + K_{о.з}, \quad (4.41)$$

Если проектом предусмотрена реконструкция электрической сети или ее части, то расчет капитальных вложений производится по формуле

$$K = K_n - K_{лк} + K_{дем}, \quad (4.42)$$

где K_n – стоимость новых производственных фондов;
 $K_{лк}$ – ликвидационная стоимость демонтируемого оборудования, которое может быть реализовано;
 $K_{дем}$ – стоимость демонтажа оборудования.

Поскольку система электроснабжения может состоять из нескольких элементов, учитывают капитальные вложения каждого из них [9]:

$$K = K_{н.л} + K_{р.ТП} + K_{р.л} + K_{ТП} + K_{ВЛ 0,38}, \quad (4.43)$$

где $K_{н.л}$ – капитальные вложения в питающие линии 35, 110 кВ;
 $K_{р.ТП}$ – капитальные вложения в районную трансформаторную подстанцию напряжением 35, 110 кВ;
 $K_{р.л}$ – капитальные вложения в распределительные линии 10 (6) кВ;
 $K_{ТП}$ – капитальные вложения в потребительские трансформаторные подстанции 10 (6)/0,4 кВ;
 $K_{ВЛ 0,38}$ – капитальные вложения в линии 0,38 кВ.

При одновременном учете обоих факторов (состава затрат и многоэлементности сети) можно получить обобщающее выражение для определения суммарных капитальных вложений:

$$K = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m K_{ij}, \quad (4.44)$$

где n – количество составляющих затрат;
 m – число элементов сети.

Размер капитальных вложений в устройства электроснабжения можно получить путем составления сметы на проведение работ, включающей сводный сметный расчет, сводку затрат, объектные и локальные сметы. Однако составление локальных, объектных и сводных смет связано с большими затратами труда и использованием большого количества нормативно-справочной литературы, которая не всегда имеется. При выполнении агроинженерного проекта допускается капитальные вложения в электропитающие установки определять по укрупненным показателям. Данные по капитальным вложениям в элементы электрических сетей приведены в [9].

Определение годовых эксплуатационных издержек

Годовые эксплуатационные издержки (текущие затраты) включают в себя расходы, связанные с поддержанием сетей в нормальном техническом состоянии, годовую стоимость потерь электроэнергии и прочие непроизводственные расходы:

$$З = З_{об} + З_{н.э} + З_{проч}, \quad (4.45)$$

где $З_{об}$ – издержки на обслуживание сетей;
 $З_{н.э}$ – стоимость потерь электроэнергии;
 $З_{проч}$ – прочие расходы при эксплуатации электрических сетей.

Затраты на обслуживание электрических сетей включают: стоимость израсходованного сырья, топлива, энергии и других материальных средств; заработную плату персонала; расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт.

Данные издержки можно определить путем составления сметы для данной электроустановки. Для упрощения расчетов допускается при технико-экономическом сравнении вариантов системы электроснабжения использовать среднестатистическую цифру расходов на эксплуатацию одной условной единицы (у.е.) электрических сетей, что позволяет упростить расчеты и снизить трудоемкость.

Условные единицы дифференцированы для различных элементов сетей и даются в приложении М. С учетом этого затраты на обслуживание будут определяться по формуле

$$Z_{об} = \gamma_c \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (4.46)$$

где γ_c – стоимость эксплуатационных работ, соответствующая 1 у.е. (ориентировочно $\gamma_c = 750$ руб./у.е.);

Q_i – объем работ по обслуживанию i -го элемента сети в у.е.

При подсчете числа у.е. следует учитывать количество присоединений различного напряжения на трансформаторных подстанциях, число трансформаторов и других элементов, поскольку у.е. приводятся как на 1 км линий, так и на единицу оборудования трансформаторных подстанций.

Издержки от потерь электроэнергии определяются как сумма издержек для различных элементов сети:

$$Z_{н.э} = \sum_{i=1}^n Z_{н.эi}, \quad (4.47)$$

Ежегодные издержки в тыс. руб. на покрытие потерь электроэнергии в звеньях электрической сети определяют по следующим формулам для линий электропередачи:

$$Z_{н.э1} = \sum_{z=1}^Z (S_p / U_n)^2 R_{0z} l_z \tau_{лз} \cdot 10^{-5}, \quad (4.48)$$

где Z – число участков линии электропередачи;

S_p – расчетная максимальная нагрузка участка линии, кВ·А;

U_n – номинальное напряжение, кВ;

R_{0z} – удельное активное сопротивление проводов участка линии, Ом/км;

l_z – длина участка линии электропередачи, км;

τ – время потерь, ч.;

$c_{лз}$ – удельные затраты, обусловленные потерями электроэнергии в линии данного напряжения, коп./(кВт·ч).
для трансформаторов:

$$Z_{н.э2} = [(S_p / S_{ном})^2 p_k \tau_k + p_x t_6 c_x] 10^{-5} \quad (4.49)$$

где $S_{ном}$ – номинальная мощность трансформатора, кВ·А;
 p_k и p_x – потери короткого замыкания и холостого хода трансформатора, кВт;
 c_k и c_x – стоимость потерь короткого замыкания и холостого хода, коп./(кВт·ч);
 t_6 – время включенного состояния трансформатора (при работе круглый год $t_6 = 8760$ ч.).

Удельные затраты на покрытие потерь электроэнергии в z-м элементе электрической сети определяются по формуле

$$c_z = \varphi_z + \psi_z / h_z, \quad (4.50)$$

где φ_z и ψ_z – коэффициенты для элементов сети;
 h_z – показатель режима нагрузки.

Средние значения показателей φ_z и ψ_z дана в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Средние значения показателей φ_z и ψ_z

Элемент сети	Европейская часть России		Сибирь	
	φ_z , коп/кВт·ч	ψ_z , коп/кВт·ч	φ_z , коп/кВт·ч	ψ_z , коп/кВт·ч
Линия 110 кВ	15,8	65400	13,8	25800
Подстанция 110 кВ и линия 35 кВ	16,4	84000	14,6	47000
Подстанция 35 кВ	16,6	90000	14,8	52000
Линия 10 кВ	16,8	100000	15,0	62000
Подстанция 10 кВ	17,4	122000	15,4	82000
Линия 0.38 кВ	18	136000	16,8	95000

Показатель режима нагрузки, [9]:

$$h_z = \tau_z / k_{мz}, \quad (4.51)$$

где τ_z – усредненное значение времени потерь;

k_{MZ} – коэффициент участия максимума потерь в максимуме нагрузки энергосистемы.

Для потерь холостого хода трансформаторов $h_z = t_0$. Характеристики смешанных нагрузок линий электропередачи и трансформаторных подстанций приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Средние годовые значения показателей для расчета потерь электроэнергии

Элементы сети, z	Вид нагрузки	τ_z , ч	k_{MZ}	h_z , ч
Линия 110 кВ	Смешанная (производственная и коммунально-бытовая)	3100	0,85	3600
Подстанция 110 кВ	- -	3000	0,85	3500
Линия 35 кВ	- -	2500	0,82	3500
Подстанция 35/10 кВ	- -	2000	0,8	2500
Линия 10 кВ	Смешанная	1900	0,7	2700
Подстанция 10/0,4 кВ	Коммунально-бытовая	1100	0,64	1700
	Производственная	1500	0,4	3700

Прочие издержки на производственные и непроизводственные нужды невелики и берутся в размере 0,03 ... 0,04 от капитальных вложений.

$$Z_{\text{проч}} = (0,03 \dots 0,04)K. \quad (4.52)$$

Определение ущерба от перерывов электроснабжения

Перерывы электроснабжения потребителей могут привести к прекращению технологических процессов, порче и недоотпуску продукции.

В агроинженерных проектах ущерб следует рассчитывать в двух случаях:

- при разработке специальных организационных и технических мероприятий по повышению надежности электроснабжения (рассматривается в специальной части агроинженерного проекта);
- при технико-экономическом сравнении вариантов электроснабжения, имеющих разное значение показателей надежности.

Одним из наиболее простых методов расчета ущерба является использование удельных показателей. В этом случае ущерб, наносимый потребителю в результате недоотпуска электроэнергии по причине отказа электропитающей установки:

$$Y = y_0 W_{n.э}, \quad (4.53)$$

где y_0 – удельный ущерб от недоотпуска 1 кВт·ч электроэнергии руб./кВт·ч);

$W_{n.э}$ – количество недоотпущенной электроэнергии за время перерывов электроснабжения потребителей, кВт·ч.

Удельный ущерб учитывает ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителю и ущерб энергосистемы, вызываемый недоиспользованием оборудования, а также затраты на ремонтно-восстановительные работы.

Значение удельного ущерба может существенно различаться и колебаться в значительных пределах. Указанное обстоятельство объясняется типом производства у потребителей, невозможностью точного определения объема потерь продукции и рядом технологических и биологических факторов, которые трудно учесть.

Для условий европейской части России можно принять средние значения удельного ущерба $y_0 = 18 \dots 27$ руб./кВт·ч).

Вместе с тем, значительное влияние перерывов электроснабжения на эффективность работы технологических установок приводит к тому, что в практике взаимоотношений энергоснабжающих организаций и потребителей все большее использование находят договорные отношения. При таком подходе потребитель выбирает необходимый уровень надежности и возмещает соответствующие затраты на проведение мероприятий по бесперебойной подаче электроэнергии. В случае невыполнения договорных обязательств энергоснабжающая организация уплачивает штраф.

Объем недоотпуска электроэнергии за время перерывов в электроснабжении зависит от потребляемой мощности и продолжительности перерывов.

Для проектируемой сети он складывается из величин недоотпущенной электроэнергии по отдельным участкам сети в связи с авариями и плановыми отключениями:

$$W_{n.э} = \sum_{z=1}^Z S_z k_{oz} \tau_{nz}, \quad (4.54)$$

где Z – количество расчетных участков сети;

S_z – мощность трансформаторных подстанций по z -му участку сети, кВт·А;

k_{oz} – коэффициент одновременности включения электроприемников по z -му участку сети (при отсутствии реальных данных $k_{oz} = 0,6$);

τ_{nz} – суммарная продолжительность отключений за год по z -му участку сети, ч.

В общем случае для системы электроснабжения суммарную продолжительность отключений во всех элементах сети за год можно определить по формуле

$$\tau_{\Sigma} = \tau_{n.l} + \tau_{p.l} + \tau_{n.n} + \tau_{n.n} \quad (4.55)$$

где $\tau_{n.l} = \Delta\tau_{n.l} l_{n.l}$ – длительность перерывов питания в питающих линиях 110, 35 кВ, ч;
 $\tau_{p.l} = \Delta\tau_{p.l} l_{p.l}$ – длительность перерывов питания в распределительных линиях, ч;
 $\tau_{n.n}$ – длительность перерывов питания при отказе трансформаторных подстанций, ч;
 $\tau_{n.n} = \Delta\tau_{n.n} l_{n.n}$ – длительность перерывов из-за отключений низковольтной сети, ч;
 $\Delta\tau_{n.l}$, $\Delta\tau_{p.l}$, $\Delta\tau_{n.n}$ – среднестатистические годовые удельные продолжительности отключений на 1 км линии, соответственно в питающих, распределительных и низковольтных сетях, ч/км (таблица 4.4);
 $l_{n.l}$, $l_{p.l}$, $l_{n.l}$ – длина питающей, распределительной и низковольтной линий электропередачи, км.

Таблица 4.4 – Среднестатистические значения годовой продолжительности отключений элементов сети

Элемент сети	Ед изм.	Удельная продолжительность отключения, ч/ед. изм.
Одноцепная питающая линия 110 кВ	1 км	0,4
Двухцепная питающая линия 110 кВ	1 км	0,16
Одноцепная питающая линия 35 кВ	1 км	0,7
Двухцепная питающая линия 35 кВ	1 км	0,28
Распределительная линия 10 (6) кВ	1 км	0,9
Низковольтная ВЛ 380 / 220 В	1 км	4,3
Однотрансформаторная Подстанция 35 / 110 / 10 (6) кВ	1 шт	12
Двухтрансформаторная Подстанция 35 / 110 / 10 (6) кВ	1 шт	0
Потребительская подстанция 10(6)/0,4 кВ	1 шт	2,7

Расчет основных экономических показателей проекта

Расчет основных экономических показателей по проектируемой электрической сети базируется на предыдущих расчетах капитальных вложений и годовых эксплуатационных издержек и выполняется по ранее приведенным методическим положениям.

Пример 4.3. Выбор варианта развития проведен для электрических сетей РТП напряжением 35/10 кВ с питающей линией 35 кВ и шестью отходящими линиями напряжением 10 кВ.

На РТП установлено два трансформатора мощностью по 4000 кВ·А, что приводит к перегрузке линии и излишним потерям электроэнергии уже при существующей нагрузке $S = 12385$ кВ·А, а тем более при ее росте.

Таблица 4.5 – Технические показатели существующих сетей

Линия Параметр	Линия						Итого
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	
Пропускная способность линии, S_{max} , кВ·А	736	2478	1759	2512	2297	2603	12385
Длина линии, $L_{ВЛ10}$, км	18,2	6,6	3,2	17,8	6,9	11,2	63,9
Отклонения напряжения, U_{max} , %	9,1	4,54	3,24	13,7	1,9	21	---
Потери мощности в линии, ΔW , тыс. кВт·ч	90,6	133,6	154,1	436,6	109,9	598,1	1522,9
Величина недоотпущенной электроэнергии ΣW_H , тыс. кВт·ч	9,3	32,0	16,8	38,8	25,1	34,1	156,1
Число часов аварийного простоя в году, τ , ч/год	24,6	29,2	30,5	72,4	38	46,2	---
Объем работ по обслуживанию, Q , у.е.	156,1	56,8	27,8	117,5	59,5	96,1	513,8

Таблица 4.6 – Капитальные вложения на реконструкцию, тыс. руб. (в ценах на 01.01.2004)

Вариант	$K_{ВЛ35}$	$K_{ВЛ10}$	$K'_{ВЛ10}$	$K_{яч}$	$K_{РТП}$	$K_{СВ}$	$K_{АВР}$	Итого, K	Q , у.е.
1 – разукрупнение ВЛ напряжением 10кВ: оборудование монтаж и наладка всего	1740 348 2088	1387 277 1664	5233 1047 6280	147 29 176	1673 335 2008	175 35 210	375 75 450	10730 2146 12874	848,2
2 – замена проводов: оборудование монтаж и наладка всего	1740 348 2088	--- --- ---	3418 684 4102	--- --- ---	1673 335 2008	105 21 126	213 43 256	7149 1431 8580	727,7

Анализ приведенных показателей существующих ВЛ показывает, что эти сети необходимо реконструировать. Так, потери напряжения в ВЛ №4 и чрезмерно велики и достигают 13,7 и 21% при допустимых значениях 7%.

В ВЛ №1 потери напряжения также завышены. Электрическая нагрузка в ВЛ №2...6 примерно в 2 раза больше по сравнению с оптимальным значением и составляют соответственно 2478, 1759, 2512, 2297 и 2603 кВ·А. Потери в линиях №4 и 6, равные 436,6 и 598,1 тыс. кВт·ч, очень большие, что вызвано большой нагрузкой и малыми сечениями проводов, в результате велики издержки на потери электроэнергии.

Уровень надежности электроснабжения потребителей недостаточен. Время отключения потребителей составляет 24,6; 29,2; 30,5; 72,4; 38 и 46,2 ч для ВЛ №1...6 соответственно. Таким образом, существующие сети РТП не удовлетворяют требованиям надежности электроснабжения и качества электроэнергии.

Таким образом планируется после реконструкции повысить надежность электроснабжения, снизить потери электроэнергии и, вместе с тем, необходимо будет увеличить затраты на обслуживание электрических сетей.

Рассмотрены два варианта реконструкции: 1 – разукрупнение линий напряжением 10 кВ и 2 – замена проводов ВЛ напряжением 10 кВ, к которым будет присоединена часть нагрузки существующих линий.

Величина потерь электроэнергии по вариантам 1 и 2 соответственно составит: $\Delta W = 958$ и 996 тыс. кВт·ч.

Недоотпущенная электроэнергия вследствие аварийных простоев сократится соответственно по вариантам 1 и 2 до $\Sigma W_H = 40,3$ и $66,2$ тыс. кВт·ч.

Капиталовложения по первому варианту 1 складываются из капиталовложений на строительство второй линии напряжением 35 кВ, длиной 14,7 км ($K_{ВЛ35}$), в новое строительство участков линии напряжением 10 кВ ($K_{ВЛ10}$), в новые ячейки напряжением 10 кВ ($K_{яч}$) для присоединения новых ВЛ напряжением 10 кВ к РТП, на замену сечений проводов ВЛ напряжением 10 кВ ($K'_{ВЛ10}$) и трансформаторов на РТП с мощности 4000 кВ·А на мощность 16000 кВ·А ($K_{РТП}$), на секционные выключатели ($K_{СВ}$) и пункты АВР ($K_{АВР}$). Объем работ по обслуживанию сетей Q при этом составит 848,2 у.е.

Для второго варианта 2 отсутствуют капитальные вложения в новое строительство участков ВЛ напряжением 10 кВ и сооружение ячеек. $Q = 727,7$ у.е.

Эксплуатационные затраты определяются по формуле

$$Z = Z_{об} + Z_{н.э} + Z_{проч.} + Y,$$

где $Z_{об}$ – издержки на обслуживание сетей;
 $Z_{н.э}$ – стоимость потерь электроэнергии;
 $Z_{проч.}$ – прочие расходы при эксплуатации электрических сетей;
 Y – ущерб от перерывов электроснабжения.

Таким образом затраты по вариантам составят:

Исходный вариант

$$Z_{н.э} = 1,2 \cdot 1522,9 = 1827,5 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_{об} = 513,8 \cdot 750 = 385,4 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_{проч} = 250 \text{ тыс. руб.}$$

$$U = 24 \cdot 156,1 = 3746,4 \text{ тыс. руб.}$$

Полные затраты составят:

$$Z_{исх} = 1827,5 + 385,4 + 250 + 3746,4 = 6209,3 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант 1

$$Z_{н.э} = 1,2 \cdot 958 = 1149,6 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_{об} = 848,2 \cdot 750 = 636,1 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_{проч} = 12874 \cdot 0,03 = 386,2 \text{ тыс. руб.}$$

$$U = 24 \cdot 40,3 = 967,2 \text{ тыс. руб.}$$

Полные затраты:

$$Z_1 = 1149,6 + 636,1 + 386,2 + 967,2 = 3139,1 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант 2

$$Z_{н.э} = 1,2 \cdot 996 = 1195,2 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_{об} = 727,7 \cdot 750 = 545,8 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_{проч} = 8580 \cdot 0,03 = 257,4 \text{ тыс. руб.}$$

$$U = 24 \cdot 66,2 = 1588,8 \text{ тыс. руб.}$$

Полные затраты:

$$Z_2 = 1195,2 + 545,8 + 257,4 + 1588,8 = 3587,2 \text{ тыс. руб.}$$

Норма дисконта для данного проекта согласно таблице 2.7 лежит в диапазоне 0,1 ... 0,12. Примем значение $E = 0,1$.

Экономический эффект при реализации вариантов реконструкции СЭС выразится в экономии затрат $\Pi = Z_{исх} - Z$. При этом:

$$\Pi_{1н} = 6209,3 - 3139,1 = 3070,2 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Pi_{2н} = 6209,3 - 3587,2 = 2622,1 \text{ тыс. руб.}$$

Амортизационные отчисления по вариантам.

Нормы амортизационных отчислений по установленному оборудованию будут следующие:

для линий 35 кВ, $a = 2,4\%$;

для линий 10 кВ, $a = 3,6\%$;

для ТП и прочего оборудования можно принять $a = 6,4\%$.

$$A_1 = 1740 \cdot 0,024 + (1387 + 5233)0,036 + (147 + 1673 + 175 + 375)0,064 = 431,8$$

$$A_2 = 1740 \cdot 0,024 + 3418 \cdot 0,036 + (1673 + 105 + 213)0,064 = 292,2 \text{ тыс. руб.}$$

Чистая прибыль по вариантам:

$$П_1 = (3070,2 - 431,8)(1 - 0,24) + 431,8 = 2437 \text{ тыс. руб.}$$

$$П_2 = (2622,1 - 292,1)(1 - 0,24) + 292,1 = 2062,9 \text{ тыс. руб.}$$

Рассчитаем показатели эффективности данного инвестиционного проекта и сравним данные варианты по величине Чистого Дисконтированного Дохода и Внутренней Норме Доходности.

В качестве расчетного периода, как было указано выше, удобно взять срок до следующей реконструкции, который обусловлен темпом роста электропотребления. По статистическим данным о росте нагрузок в стране, рост электрической нагрузки составляет примерно 7% в год, т.е. $\Delta X = 1,07$. Принимая закон роста электрической нагрузки показательным, срок до следующей реконструкции составит:

$$n = \frac{\ln S_{рек} - \ln S}{\ln \Delta X},$$

где $S_{рек}$ – максимально допустимая нагрузка реконструированной СЭС;
 $S = 12385$ кВ·А – существующая нагрузка.

С учетом допустимого коэффициента перегрузки трансформаторов $\beta = 1,5$ и мощности устанавливаемых трансформаторов 16000 кВ·А,

$$S_{рек} = 16000 \cdot 1,5 = 24000 \text{ кВ·А.}$$

Тогда расчетный период будет равен:

$$n = \frac{\ln 24000 - \ln 12385}{\ln 1,07} = 9,8 \text{ лет.}$$

Округляя полученное значение, получим $n = 10$ лет.

При расчете чистого дисконтированного дохода за указанный период необходимо учесть на последнем шаге дисконтирования остаточную стоимость установленного оборудования.

Остаточная стоимость для первого варианта составит:

$$K_{осм1} = 1740 \left(1 - \frac{2,4 \cdot 10}{100} \right) + (1387 + 5233) \left(1 - \frac{3,6 \cdot 10}{100} \right) + (147 + 1673 + 175 + 375) \left(1 - \frac{6,4 \cdot 10}{100} \right) = 6412,4 \text{ тыс.руб.}$$

Для второго варианта:

$$K_{осм2} = 1740 \left(1 - \frac{2,4 \cdot 10}{100} \right) + 3418 \left(1 - \frac{3,6 \cdot 10}{100} \right) + (1673 + 105 + 213) \left(1 - \frac{6,4 \cdot 10}{100} \right) = 4226,7 \text{ тыс.руб.}$$

Чистый дисконтированный доход за 10 лет для первого варианта составит:

$$ЧДД_1 = \sum_{m=1}^{10} \frac{2437}{(1+0,1)^m} - 12876 + \frac{6412,4}{(1+0,1)^{10}} = 4570,6 \text{ тыс. руб.}$$

Для второго:

$$ЧДД_2 = \sum_{m=1}^{10} \frac{2062,9}{(1+0,1)^m} - 8580 + \frac{4226,7}{(1+0,1)^{10}} = 5725,2 \text{ тыс. руб.}$$

Внутренняя норма доходности по вариантам соответственно составит 0,234 (23,4%) и 0,295 (29,5%). Индекс доходности 1,35 и 1,67 соответственно.

Сроки окупаемости можно определить по формуле (2.56)

$$T_{ок} = \frac{\ln\left(1 - \frac{KE}{\Pi}\right)}{\ln(1 - E)^{-1}}.$$

Для первого варианта:

$$T_{ок1} = \frac{\ln\left(1 - \frac{12876 \cdot 0,1}{2437}\right)}{\ln(1 + 0,1)^{-1}} = 7,9 \text{ года.}$$

Для второго варианта:

$$T_{ок2} = \frac{\ln\left(1 - \frac{8580 \cdot 0,1}{2062,9}\right)}{\ln(1 + 0,1)^{-1}} = 5,6 \text{ года.}$$

Таким образом, предпочтительнее оказывается 1 вариант реконструкции.

Методика определения внутренней нормы доходности, динамического срока окупаемости и индекса доходности подробно изложена во втором разделе пособия.

4.3.2. Определение экономической эффективности применения резервных электростанций

Для обеспечения резервного электроснабжения ответственных электроприемников используются дизельные электростанции, аккумуляторные батареи, ветроэлектрические агрегаты и другие нетрадиционные источники питания. Среди этих источников наибольшее распространение получили дизельные электростанции.

Капитальные затраты на электростанцию определяются стоимостью здания, затратами на оборудование, его монтаж и наладку.

При использовании в качестве резервных источников питания дизельных электроагрегатов расчет отдельных составляющих капитальных затрат можно принять по укрупненным данным (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Техничко-экономические показатели резервных дизельных электростанций

Тип электроагрегата	Число и мощность агрегатов, кВт	Капиталовложения, тыс. руб.		Годовые эксплуатационные издержки, тыс. руб.	Ресурс до капитального ремонта, ч
		Здание	Оборудование		
АД 30 С-Т 400-РМ1У4	1×30	156,6	67,2	7,64	6000
АД 60 С-Т 400-РУ4	1×60	164,2	99	13,56	6000
АД 100 С-Т 400-Р1БЦ.643.113	1×100	165,6	148,6	13,6	800
АСДА 100 (У34-100)	2×100	274,8	605,6	48,32	15000
АСДА 200 (У36-50)	1×200	192,4	380,4	30,64	15000
КС-500 РА	1×500	2135,8	1657,6	155,72	16000

Затраты на монтаж и наладку оборудования станции можно принять в размере до 0,2 от сметной стоимости технологического и энергетического оборудования.

Ежегодные издержки на эксплуатацию резервной электростанции:

$$Z = Z_{nl} + Z_{э.с.м} + Z_n, \quad (4.56)$$

где $Z_{пл}$ – ежегодные затраты на заработную плату обслуживающего персонала;
 Z_n – затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт здания и оборудования электростанции;
 $Z_{з.с.м}$ – стоимость израсходованных горюче-смазочных материалов.

Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт рассчитываются в виде удельной составляющей от капитальных вложений в станцию.

$$Z_n = \alpha K, \quad (4.57)$$

где α – норма отчислений на техническое обслуживание и текущий ремонт ($\alpha = 0,05$);
 K – суммарные капиталовложения в станцию.

Ежегодные затраты на заработную плату обслуживающего персонала:

$$Z_{пл} = s_m (t_z + t_n) / \Phi_m, \quad (4.58)$$

где s_m – месячный заработок, исходя из которого исчисляется заработная плата персонала, обслуживающего электростанцию, руб.;
 t_n – число часов, затрачиваемых ежегодно на профилактическое обслуживание и ремонт электростанции ($t_n = 50 \dots 100$ ч);
 t_z – число часов работы электростанции в год (максимально $t_z = 150 \dots 200$ ч);
 Φ_m – месячный фонд рабочего времени обслуживающего персонала, ч.

Стоимость горюче-смазочных материалов определяется с учетом их цены и расходуемого объема:

$$Z_{з.с.м} = (g_m u_m + g_{см} u_{см}) P_a t_z, \quad (4.59)$$

где $g_m, g_{см}$ – удельный расход топлива и смазки, кг/кВт·ч;
 $u_m, u_{см}$ – цена 1 кг топлива и смазки, руб./кг;
 P_a – мощность агрегатов станции, кВт;

Поскольку резервные электростанции используются непродолжительное время в течение года стоимость электроэнергии на них достаточно высока и такие установки рекомендуется использовать только для электроприемников с высокими требованиями по бесперебойности питания.

При этом годовая прибыль от использования дизельной электростанции будет выражаться разницей между возможным технологическим ущербом от суммарного времени простоя оборудования вследствие перебоев электроснабжения и эксплуатационными затратами на ее содержание:

$$P = Y - Z. \quad (4.60)$$

где Y – возможный технологический ущерб от перерывов электроснабжения.

$$Y = y_0 \tau, \quad (4.61)$$

где y_0 – удельный ущерб от 1 часа перерыва электроснабжения, руб./ч;
 τ – суммарное время перерывов в электроснабжении за год, ч.

4.4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Разработка проекта осветительной установки – это многовариантная задача, требующая умения находить не только наилучшие светотехнические решения, но и наиболее выгодные с экономической и энергетической точек зрения варианты.

Капитальные затраты на изготовление осветительной установки определяются стоимостью светильников (K_o), одного комплекта источников питания ($K_{u.n}$), материалов и оборудования электрической части и затрат на их монтаж ($K_{м.н}$).

$$K = K_o + K_{u.n} + K_{м.н}, \quad (4.62)$$

Капитальные затраты на оборудование принимаются по смете к проекту или рассчитываются по формуле

$$K_o = \sum_{i=1}^n N_i (n_{ли} u_{ли} \beta_i + u_{ci} \mu_i + K_{м.ни}), \quad (4.63)$$

где N_i – общее число светильников i -го типа в осветительной установке;
 $n_{ли}$ – число ламп в светильнике i -го типа, шт.;
 $u_{ли}$ – стоимость 1 лампы i -го типа, руб.;
 β_i – коэффициент, учитывающий потери энергии в пускорегулирующей аппаратуре газоразрядных ламп ($\beta = 1,0$ для ламп накаливания, $\beta = 1,1$ для ламп ДРЛ, ДРИ);
 u_{ci} – стоимость одного осветительного прибора i -го типа, руб.;
 μ_i – коэффициент, учитывающий повышение стоимости светильника за счет применения статических конденсаторов в установках с лампами ДРЛ и ДРИ (μ принимается равным 1,2 при использовании ламп ДРЛ и 1,4 при использовании ламп ДРИ);
 $K_{м.ни}$ – стоимость монтажа осветительного прибора i -го типа, руб.

Стоимость осветительных щитков берется по коммерческим ценам, существующим на данный период.

Стоимость монтажа электрической части осветительной установки (щитки, выключатели, электрическая проводка):

$$K_{м.н} = c_{уд} P_{oy}, \quad (4.64)$$

где $c_{уд}$ – удельная стоимость ($c_{уд} = 2000$ руб./кВт);
 P_{oy} – мощность осветительной установки, кВт.

Годовые эксплуатационные расходы на систему искусственного освещения определяются по формуле

$$З = З_{м.р} + З_{м.о} + З_{э}, \quad (4.65)$$

где $З_{м.р}$ – годовые затраты на проведение текущих ремонтов;
 $З_{м.о}$ – годовые затраты на техническое обслуживание;
 $З_{э}$ – стоимость израсходованной за год электроэнергии с учетом потерь в пускорегулирующей аппаратуре и сетях.

Составляющие эксплуатационных затрат по обслуживанию осветительной установки с i -го типа осветительными приборами:

$$З_{м.р} = \alpha K, \quad (4.66)$$

$$З_{м.о} = N_i [n_q c_q + n_l N_i (t_u / t_l) (c_з + u_l)], \quad (4.67)$$

$$З_{э} = 10^{-3} \alpha P_{л} n_l N_i (1 + \delta) t_u u_{э}, \quad (4.68)$$

где α – отчисления на текущий ремонт ($\alpha = 0,05$);
 N_i – общее число светильников i -го типа, шт.;
 n_q – число чисток светильника, шт.;
 c_q – стоимость одной чистки арматуры, руб.;
 t_u – продолжительность работы осветительной установки в год (рекомендуется принимать 1500 ч. при отсутствии дополнительной информации по конкретной установке), ч.;
 t_l – номинальный срок службы осветительного прибора, ч;
 $c_з$ – стоимость замены одной лампы (ориентировочно определяется умножением c_q на коэффициент 0,7), руб.;
 δ – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сетях осветительных и облучательных установок ($\delta = 0,03$ в сетях с лампами накаливания; $\beta = 0,037$ в сетях с люминесцентными лампами; $\delta = 0,12$ в сетях с лампами ДРЛ, ДРИ, ДНаТ без конденсаторов; $\delta = 0,078$ при наличии конденсаторов на групповых линиях);
 $u_{э}$ – стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч.

Число чисток осветительной арматуры можно определить, воспользовавшись данными по периодичности проведения этого мероприятия с учетом конкретных условий эксплуатации (таблица 4.8):

Таблица 4.8 – Сроки чистки светильников

Условия эксплуатации осветительных установок	Число чисток в год, шт
1. Концентрация пыли, дыма, копоти в рабочей зоне помещения, мг/м ³ : <div style="margin-left: 40px;"> свыше 5, от 1 до 5, менее 1 </div>	<div style="margin-left: 40px;"> 18 6 4 </div>
2. Значительная концентрация паров, кислот, щелочей, газов	6
3. Помещения с особым режимом по чистоте воздуха	4
4. Территории: промышленных предприятий со значительным выделением пыли, обычные промышленные предприятия и общественные здания	<div style="margin-left: 40px;"> 4 2 </div>

Если в осветительной установке применяются осветительные приборы разных типов или с лампами разной мощности, подсчет эксплуатационных расходов по вышеприведенным формулам производится отдельно для каждого случая, и полученные результаты суммируются.

При сравнении между собой равноценных по светотехническому эффекту вариантов предпочтение по результатам технико-экономического сравнения отдается тому, в котором затраты минимальны. Равноценными по светотехническому эффекту считаются такие электроустановки, для которых расчетные значения освещенности на рабочих поверхностях отличаются не более чем на +20 ... -10%, а параметры качества освещения – показатели ослепленности или дискомфорта, коэффициент пульсаций и цилиндрическая освещенность не превышают нормируемых значений.

В том случае, если при использовании осветительных или облучательных установок получают технологический эффект (дополнительный прирост производительности труда, объема или качества выпускаемой продукции), то годовой экономический эффект определяется с учетом этих факторов.

К сожалению, в настоящее время нет массово полученных данных по достигаемому технологическому эффекту от внедрения осветительных установок. Однако ряд экспериментальных исследований подтверждают наличие подобной зависимости. Установлено, например [64], что обеспечение оптимального уровня освещенности на рабочих местах повышает производительность труда производственных рабочих до 7%, повышение освещенности в животноводческих помещениях может повысить продуктивность животных от 1 до 7 процентов.

РАЗДЕЛ 5.

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕМАТИКЕ

Эффективность работы промышленных, сельскохозяйственных и других предприятий в значительной степени определяется безотказностью работы оборудования энергохозяйств. Поэтому необходим постоянный контроль и поддержание требуемых показателей его надежности, что невозможно без надлежащей организации работ по техническому обслуживанию и ремонту.

В процессе агроинженерного проектирования зачастую возникает необходимость в обосновании энергослужб и электроремонтных предприятий по капитальному ремонту электротехнических изделий.

5.1. АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОЕКТЫ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГОСЛУЖБ

Обслуживание электрооборудования в промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях народного хозяйства осуществляется энергослужбами. Центральной задачей таких служб является своевременное и качественное проведение профилактических и ремонтно-восстановительных мероприятий.

Упорядочить работу персонала энергослужб, обеспечить своевременное и качественное выполнение ими плановых заданий можно при наличии графика технических обслуживаний и ремонтов. С использованием такого графика решаются вопросы определения численности персонала энергослужб, материально-технического снабжения, финансирования. В процессе обоснования энергослужб также подлежат рассмотрению вопросы принятия рациональной структуры, формирования ремонтно-обслуживающей базы, обоснования резервного фонда и т.д.

Целью проекта по обновлению энергослужб является создание такого структурного подразделения на предприятии, которое обеспечивает увеличение объема и снижение себестоимости производства основной продукции предприятия, поэтому перед энергослужбой ставятся задачи по:

- обеспечению надежности функционирования электроустановок;
- повышению производительности труда электромонтеров;
- снижению эксплуатационных затрат;
- дальнейшему развитию электрификации и автоматизации предприятия.

При оценке итогов технической эксплуатации в качестве основных результатов рассматривают:

- достигнутый уровень безотказности работы электрооборудования;
- величину простоев технологического оборудования из-за отказов электроустановок;
- экономические затраты на проведение эксплуатационных мероприятий.

Частными технико-экономическими показателями качества проекта электротехнической службы могут являться:

- число работников энергослужбы (N_p), чел;
- основные фонды энергослужбы (Φ_o), руб;
- мощность обслуживаемого электрооборудования ($P_{э.у}$), кВт;
- объем годовой производственной программы ($Q_{з.н}$), у.е.э. или трудоемкость годовой производственной программы ($T_{з.н}$), чел.-ч;
- интенсивность отказов электрооборудования $\left(\lambda = \frac{\Delta n}{N \Delta t} \right)$, ч⁻¹;
- суммарная продолжительность простоев технологического оборудования при отказах электроустановок (τ_n), ч;
- количество потребляемой предприятием электроэнергии за год ($W_э$), кВт·ч;
- производительность работы энергослужбы ($q = Q_{з.н} / N_p$), у.е.э./чел.;
- число часов использования установленной мощности $t_m = \frac{W_э}{P_{э.у}}$, ч;
- ущерб от отказов электрооборудования ($У$), руб.;
- полные затраты энергослужбы ($З$), руб.

Помимо этого, в обязательном порядке должны использоваться общесистемные показатели экономической эффективности инвестиционных проектов рассмотренные ранее.

Оценку деятельности энергослужб проводят путем сравнения фактических и нормативных показателей. Годовой лимит затрат на техническую эксплуатацию электрооборудования определяют на основании утвержденных нормативов затрат на техническое обслуживание и ремонт электрооборудования отдельных машин (агрегатов, установок).

Предприятие должно предусматривать в своих производственно-финансовых планах лимиты затрат на техническую эксплуатацию электрооборудования, исходя из количества электроустановок и согласованного с энергоснабжающей организацией потребления электроэнергии за год.

Фактические затраты на техническую эксплуатацию могут совпадать или отличаться от лимитных затрат. Энергослужбы систематически внедряют новые способы и технические средства обслуживания и ремонта электрооборудования, обучают электромонтеров передовым приемам выполнения работ, снабжают их необходимыми приборами, приспособлениями. Кроме этого с персоналом, обслуживающим технические установки, проводится разъяснительная работа по рациональному расходованию

электроэнергии, по предотвращению аварийных режимов работы электрооборудования. Все это позволяет снизить затраты на эксплуатационное обслуживание электрооборудования.

Организация эксплуатации электроустановок, при которой конечные результаты деятельности энергослужбы связываются с безотказностью оборудования, продолжительностью простоя технологических систем по вине энергослужб и экономией затрат на эксплуатацию, способствует увеличению эффективности работы электромонтеров, повышению заинтересованности персонала энергослужб в результатах своего труда.

Исходными данными для разработки проекта по обоснованию энергослужбы служат результаты обследования заданного предприятия. Для получения необходимого материала он изучает отчетные документы предприятия и его энергослужбы за последние 3 ... 5 лет, а также по заданию руководителя проводит необходимые дополнительные исследования.

Чтобы оценить состояние эксплуатации электрооборудования, необходимо иметь не только сведения об энергослужбе, но и выяснить влияние ее функционирования на конечные результаты деятельности предприятия. Поэтому первичная информация должна отражать связь узловых моментов производства с показателями эксплуатации электроустановок и содержать: производственную характеристику предприятия, энергетическую оснащенность производства, сведения об электрооборудовании и энергослужбе.

Производственная характеристика предприятия содержит: общие сведения о структуре энергетических средств, краткое описание системы электроснабжения и анализ динамики энергетических показателей за последние 5 ... 7 лет.

Сведения об электрооборудовании и энергослужбе включают перечень электрооборудования, размещаемого на объектах, уровень электрификации и автоматизации, основные показатели деятельности энергослужб.

Анализ исходных данных должен выявить достигнутый на обследуемом предприятии уровень эксплуатации электрооборудования, степень использования энергетических мощностей, трудовых и материальных ресурсов энергослужбы. По результатам анализа определяются пути повышения эффективности работы энергослужбы.

Расчет основных технических характеристик энергослужбы производится в процессе разработки агроинженерного проекта.

Специфичным является определение экономических показателей.

Реализация проектных решений требует единовременных капиталовложений K на создание ремонтно-обслуживающей базы и ежегодных эксплуатационных затрат Z на выполнение производственной программы энергослужбы.

Стоимость здания пункта технического обслуживания и ремонта K_z и оборудования K_o можно определить через производственную площадь F_n мастерской:

$$K = K_3 + K_o = c_3 F_n + c_o F_n, \quad (5.1)$$

где $c_3 = (2 \dots 5)$ тыс. руб./м² – удельная стоимость здания;
 $c_o = (4 \dots 7)$ тыс. руб./м² – удельная стоимость оборудования.

Площадь пункта текущего обслуживания и ремонта предварительно можно установить исходя из числа электромонтеров в группе ремонта или объема годовой производственной программы энергослужбы ($Q_{z.n}$) в у.е.э.

$$F_n = f_x N_p \quad \text{или} \quad F_n = f_y Q_{z.n}, \quad (5.2)$$

где $f_x = 17$ при $N_p > 3$, $f_x = 25$ при $N_p \leq 3$;
 $f_y = 0,1$ при $Q_{z.n} \leq 1000$ у.е.э.;
 $f_y = 0,08$ при $Q_{z.n} > 1000$ у.е.э.

Основную заработную плату рабочих исчисляют по часовой тарифной ставке, годовому фонду рабочего времени и числу рабочих.

$$Z_o = \sum_{i=1}^n s_{ci} \Phi_z N_{pi}, \quad (5.3)$$

где s_{ci} – часовая тарифная ставка производственного рабочего i -го разряда, руб./ч;
 Φ_z – годовой фонд рабочего времени, ч;
 N_{pi} – число рабочих i -го разряда в энергослужбе.

Часовые тарифные ставки электромонтеров принимаются согласно нормативам по оплате труда, действующим на данном предприятии.

Министерство труда и социального развития рекомендует производить расчет действительного фонда рабочего времени следующим образом.

При пятидневной рабочей неделе с двумя выходными днями определяется количество рабочих дней в году:

$$d_p = d_k - 2d_n - d_n, \quad (5.4)$$

где d_p – количество рабочих дней в году;
 d_k – количество календарных дней в году;
 d_n – количество недель в году ($d_n = 52$);
 d_n – количество праздничных дней в году, согласно КЗоТ $d_n = 10$.

Действительный фонд рабочего времени определяется по формуле

$$\Phi_z = [(d_p - d_o) t_c - \Delta t d_{nn}] \sigma_p, \quad (5.5)$$

где d_o – количество отпускных дней в году, согласно КЗоТ $d_o = 20$;

t_c – средняя продолжительность рабочей смены (при двух выходных днях в неделю $t_c = 8,0$ ч);

Δt – число часов на которое укорочен предпраздничный день (обычно $\Delta t = 1$ ч);

d_{nn} – количество предпраздничных дней в году, согласно КЗоТ $d_{nn} = 8$;

σ_p – коэффициент, учитывающий потери рабочего времени по уважительным причинам ($\sigma_p = 0,95 \dots 0,96$).

Число электромонтеров, занимающаяся профилактическими и ремонтно-восстановительными работами устанавливается при разработке проекта энергослужбы по результатам составления графика технических обслуживаний и ремонтов и определения трудоемкости годовой производственной программы $T_{z.n}$:

$$N_p = T_{z.n} / \Phi_z. \quad (5.6)$$

Дополнительная заработная плата персонала исчисляется как часть основной заработной платы:

$$Z_\partial = \eta_\partial Z_o, \quad (5.7)$$

где $\eta_\partial = 0,1 \dots 0,2$.

Отчисления на социальное страхование берутся в процентах от основной и дополнительной заработной платы:

$$Z_c = \frac{(Z_o + Z_\partial)}{100} \eta_c, \quad (5.8)$$

где $\eta_c = 35,6\%$.

Затраты на материалы, запасные части, полуфабрикаты, покупные изделия, необходимые при проведении технических обслуживаний, текущих и капитальных ремонтов, можно определить в процентах от основной заработной платы с учетом доли указанных работ ($d_{m.o}$, $d_{m.p}$, $d_{к.р}$) в общей производственной программе энергослужбы:

$$Z_m = Z_{m.m.o} + Z_{m.m.p} + Z_{m.к.р}. \quad (5.9)$$

При этом $Z_{m.m.o} = 0,25d_{m.o}Z_o$, $Z_{m.m.p} = 0,75d_{m.p}Z_o$, $Z_{m.к.р} = 1,1d_{к.р}Z_o$.
($d_{m.o} = 0,2$; $d_{m.p} = 0,29$; $d_{к.р} = 0,08$ [20]).

Затраты на содержание средств ремонтно-обслуживающей базы включают расходы на текущий ремонт зданий, оборудования, приспособлений и инвентаря энергослужбы:

$$Z_n = 0,014K_z + 0,07K_o. \quad (5.10)$$

Общепроизводственные расходы (расходы на отопление, освещение, воду, малоценный инвентарь и т.п.) и общехозяйственные расходы (административно-управленческие и другие непроизводственные расходы) исчисляются от основной заработной платы в размерах, установленных отраслевыми рекомендациями:

$$Z_{on} = (0,2 \dots 0,4)Z_o, \quad Z_{ox} = 0,133Z_o. \quad (5.11)$$

Полные эксплуатационные затраты энергослужбы:

$$Z = Z_o + Z_\partial + Z_c + Z_m + Z_n + Z_{on} + Z_{ox}. \quad (5.12)$$

При определении экономической эффективности проектных решений по энергослужбам в состав совокупных затрат дополнительно включается экономический ущерб от простоя технологического оборудования при отказах электроустановок.

Выход из строя электрооборудования приводит к нарушению технологического процесса на производстве, дезорганизует работу производственных коллективов, снижает эффективность использования электроустановок, наносит ущерб производству, энергосистеме и народному хозяйству в целом.

Численное значение ущерба зависит от многих факторов, некоторые из них при этом носят случайный характер. Сложность расчета ущерба заключается в том, что необходимо учитывать даже единичные выходы из строя электрооборудования, так как они могут привести к значительному материальному ущербу.

Экономический ущерб от отказов электрооборудования обычно определяется тремя составляющими:

U_m – технологический ущерб, включающий издержки от невыпуска продукции и дополнительные затраты, обусловленные простоем оборудования, рабочих и т.д.;

U_p – ущерб, обусловленный затратами на замену вышедшего из строя электрооборудования;

U_c – системный ущерб, зависящий от недоиспользования оборудования энергосистемы и снижения производительности электрических сетей.

Кривая зависимости технологического ущерба от времени простоя носит нелинейный характер. До достижения критического времени простоя технологический ущерб невелик и им обычно пренебрегают. При дальнейшем простое может наступить массовая порча продукции, гибель животных, растений и т.д., в результате технологический ущерб резко возрастает.

Составляющая Y_p практически не зависит от времени, а Y_c изменяется линейно с ростом продолжительности простоя.

Существуют аналитические подходы, позволяющие выполнять расчет величины ущерба от отказов электрооборудования.

Разработан прямой и косвенный методы расчета [20, 58].

Прямой метод расчета предложение ВИЭСХ, и заключается в определении каждой составляющей ущерба, а затем их суммы.

Отдельные составляющие ущерба вычисляют по формулам

$$\begin{cases} Y_m = 1,1c_n (\tau_\phi - \tau_\partial)\alpha_n\Pi; \\ Y_p = 1,2C_n(1 - \alpha_p t_{cl}); \\ Y_c = u_\varepsilon \tau_\phi P_n. \end{cases} \quad (5.13)$$

где c_n – приведенные затраты на единицу продукции, которая подвергается порче, руб./кг;

τ_ϕ – фактическая продолжительность простоя, ч;

τ_∂ – допустимая продолжительность простоя, ч (для технологических процессов промышленного и сельскохозяйственного производства $\tau_\partial = 0,5 \dots 3,5$ ч);

α_n – доля потерь за 1 час простоя ($\alpha_n = 0,025$);

Π – среднесуточный выпуск продукции, кг;

C_n – стоимость нового электрооборудования, руб.;

α_p – норматив отчислений на текущий ремонт;

t_{cl} – фактический срок службы вышедшего из строя электрооборудования, лет;

u_ε – стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч;

P_n – суммарная мощность простаивающих электроприемников, кВт.

Косвенный метод состоит в определении величины ущерба за один отказ через недопотребленную электроэнергию:

$$Y = \left[y_n + y_m + \left(1 - \frac{\lambda_n}{\lambda_\phi} \right) y_p + y_c \right] (\tau_\phi - \tau_\partial) P_n, \quad (5.14)$$

где y_n , y_m , y_p , y_c – удельные ущербы (руб./кВт·ч) от простоя рабочих, недовыпуска продукции, замены (ремонта) электрооборудования и недопотребления электроэнергии;

λ_ϕ и λ_n – фактическая и нормативная интенсивности отказов электрооборудования.

Ориентировочно можно принять [20] ($y_n = 2$, $y_m = 40$, $y_p = 14$, $y_c = 0,8$ руб./кВт·ч). Определив капиталовложения и суммарные эксплуатационные издержки проекта по организации энергослужбы, можно перейти к вычис-

лению общих показателей экономической эффективности вложения инвестиций по ранее изложенным рекомендациям.

Пример 5.1. Объем годовой производственной программы по эксплуатации электрооборудования предприятия составляет 900 у.е.э., количество электромонтеров обслуживающих электроустановки – 8 чел. Планируется построить и оснастить новое здание пункта технического обслуживания и ремонта площадью 108 м². Сокращение эксплуатационных расходов достигается за счет снижения аварийности электрооборудования путем внедрения плановой системы его обслуживания и ремонта. Аварийный выход электрооборудования в исходном варианте составлял 22% от имеющегося парка (900 шт). После внедрения плановой системы предполагается сократить число отказов электрооборудования до 12 ... 15%.

Оценить показатели экономической эффективности проекта.

Р е ш е н и е. 1. Расчет капитальных вложений

Капитальные вложения в строительство пункта технического обслуживания и ремонта при удельной стоимости здания $c_3 = 3$ тыс. руб./м² и удельной стоимости оборудования $c_o = 5$ тыс. руб./м²:

$$K = K_3 + K_o = c_3 F_n + c_o F_n = 3 \cdot 108 + 5 \cdot 108 = 864 \text{ тыс. руб.}$$

2. Расчет эксплуатационных издержек

Для расчета заработной платы электромонтеров установим тарифную ставку. Тарифную ставку определяем делением средней месячной заработной платы на среднее количество рабочих дней в месяц 21,5 дня (при пятидневной рабочей неделе) и продолжительности смены 8 ч.

В энергослужбе работает 8 электромонтеров. Средняя заработная плата одного электромонтера 2000 руб. в месяц.

$$\text{Тогда } s_q = \frac{2000}{21,5 \cdot 8} = 11,63 \text{ руб.}$$

Для определения фонда рабочего времени подсчитаем количество рабочих дней в году:

$$d_p = d_k - 2d_n - d_m = 365 - 52 \cdot 2 - 10 = 251 \text{ день.}$$

Фонд рабочего времени:

$$\Phi_c = [(d_p - d_o)t_c - \Delta t d_m] \sigma_p = [(251 - 20)8 - 1 \cdot 8]0,95 = 1748 \text{ ч.}$$

Основная заработная плата электромонтеров:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n s_{\text{чи}} \Phi_z N_{pi} = 11,63 \cdot 1748 \cdot 8 = 162,6 \text{ тыс. руб.}$$

Дополнительная заработная плата:

$$Z_d = \eta_d Z_o = 0,1 \cdot 162,6 = 16,3 \text{ тыс. руб.}$$

Отчисления на социальное страхование:

$$Z_c = \frac{(Z_o + Z_d)}{100} \eta_c = \frac{(162,6 + 16,3)}{100} 35,6 = 63,7 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на материалы:

$$Z_m = 0,25 \cdot 0,2 \cdot 162,6 + 0,75 \cdot 0,29 \cdot 162,6 + 1,1 \cdot 0,08 \cdot 162,6 = 57,8 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на проведение текущего ремонта оборудования мастерской:

$$Z_n = 0,014 K_z + 0,07 K_o = 0,014 \cdot 3 \cdot 108 + 0,07 \cdot 5 \cdot 108 = 42,3 \text{ тыс. руб.}$$

Общепроизводственные расходы:

$$Z_{on} = 0,2 Z_o = 0,2 \cdot 162,6 = 32,5 \text{ тыс. руб.}$$

Общехозяйственные расходы:

$$Z_{ox} = 0,13 \cdot 162,6 = 21,1 \text{ тыс. руб.}$$

Суммарные затраты на содержание энергослужбы:

$$Z = 162,6 + 16,3 + 63,7 + 57,8 + 42,3 + 32,5 + 21,1 = 396,3 \text{ тыс. руб.}$$

Общие затраты от деятельности энергослужбы можно установить определив ущерб от отказов электроустановок. Ущерб определим косвенным методом. До внедрения планово-предупредительной системы обслуживания на предприятии в среднем фиксировалось 200 отказов электроустановок в год длительностью 3 ч, общая мощность простаиваемого оборудования при этом 20 кВт. После внедрения плановой системы обслуживания число выходов из строя электрооборудования сократилось до 100.

Таким образом $\lambda_{\phi 2} = \frac{100}{900} = 0,111$, λ_n принимаем 0,1. По технологическим причинам $\tau_{\partial} = 0,5$ ч. В результате:

$$Y_2 = \left[y_n + y_m + \left(1 - \frac{\lambda_n}{\lambda_{\phi 2}} \right) y_p + y_c \right] (\tau_{\phi} - \tau_{\partial}) P_n =$$

$$= \left[2 + 40 + \left(1 - \frac{0,1}{0,111} \right) 14 + 0,8 \right] (3 - 0,5) 20 \cdot 100 = 221 \text{ тыс. руб.}$$

Общие ежегодные затраты, связанные с деятельностью службы:

$$Z_2 = 396,3 + 221 = 617,3 \text{ тыс. руб.}$$

Для определения экономического эффекта определим ущерб от отказов электрооборудования в исходном варианте:

$$\lambda_{\phi 1} = \frac{200}{900} = 0,222.$$

$$Y_1 = \left[2 + 40 + \left(1 - \frac{0,1}{0,222} \right) 14 + 0,8 \right] (3 - 0,5) 20 \cdot 200 = 505 \text{ тыс. руб.}$$

Тогда суммарные ежегодные затраты на электротехническую службу до модернизации:

$$Z_1 = 396,3 + 505 = 901,3 \text{ тыс. руб.}$$

Ежегодный экономический эффект от внедрения проекта:

$$\Pi = Z_1 - Z_2 = 901,3 - 617,3 = 284 \text{ тыс. руб.}$$

3. Расчет экономических показателей

Поскольку можно считать, что эффект от экономии затрат проявляет себя, ежемесячно, каждый шаг расчетного периода разобьем на $t = 12$ подпериодов (по числу месяцев в году). При допущении, что $\mathcal{E}_t = \text{const}$, для определения ЧДД имеет смысл воспользоваться выражением (2.44):

$$\text{ЧДД} = \sum_{m=1}^m \frac{\Pi_t}{(1 + E_t)^m} - K = \Pi \frac{(1 + E/t)^m - 1}{E(1 + E/t)^m} - K.$$

Чистый дисконтированный доход за 10 лет существования проекта (ориентировочный срок до перевооружения ЭТС) при норме дисконта $E = 0,1$ составит:

$$ЧДД = 284 \frac{(1 + 0,1/12)^{12 \cdot 10} - 1}{0,1(1 + 0,1/12)^{12 \cdot 10}} - 864 = 926,9 \text{ тыс. руб.}$$

Поскольку $ЧДД > 0$, то проект можно считать эффективным и следует его принять.

Для сравнения, воспользовавшись формулой (2.41) для годовых лагов получим следующее значение $ЧДД$:

$$ЧДД = \sum_{m=0}^{10} \frac{\Pi}{(1 + E)^m} - K = \sum_{m=0}^{10} \frac{284}{(1 + 0,1)^m} - 864 = 881 \text{ тыс. руб.}$$

Различие в значениях $ЧДД$ при этом весьма существенно и составляет порядка 5%.

Внутреннюю норму доходности (ВНД) рассчитаем, предполагая, что она лежит в диапазоне $E_{вн} = 30 \dots 35\%$ (рисунок 5.1). При $E_{вн} = 30\%$ чистый дисконтированный доход составляет 33,8 тыс. руб. (положителен). При $E_{вн} = 35\%$ $ЧДД = -78,3$ тыс. руб. (отрицателен).

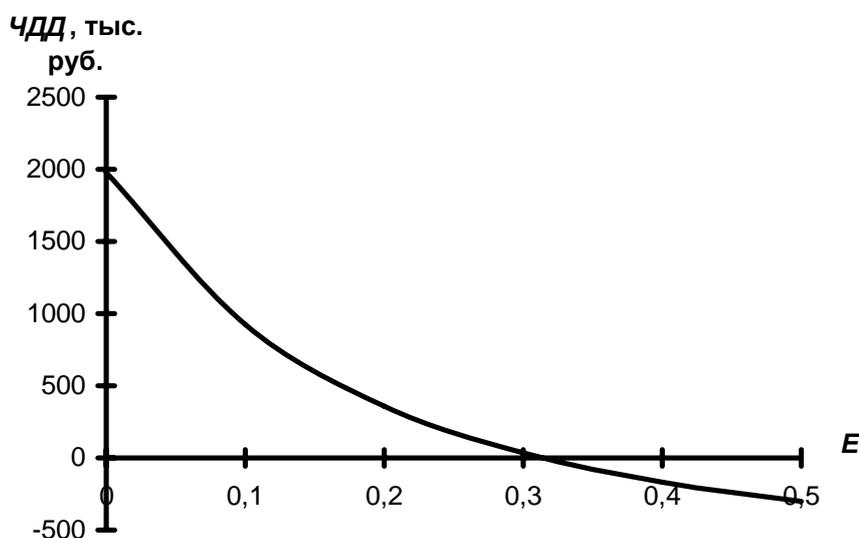


Рисунок 5.1 – Внутренняя норма доходности проекта

$$\text{Тогда } E_{вн} = 30 + \frac{33,8}{33,8 - (-78,3)} (35 - 30) = 31,5\%.$$

Сужая диапазон нахождения $E_{вн}$ до 31 ... 32%, уточняем ее значение:

При $E_{вн} = 31\%$, $ЧДД = 9,2$ тыс. руб., при $E_{вн} = 32\%$ $ЧДД = -14,2$ тыс. руб. Таким образом:

$$E_{\text{вн}} = 31 + \frac{9,2}{9,2 - (-14,2)}(32 - 31) = 31,39\%.$$

Для расчета срока окупаемости определим приведенные годовые эффекты за весь срок существования проекта:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_1 &= \frac{284}{1 + 0,1} = 258,2 \text{ тыс. руб.}; & \mathcal{E}_4 &= 194,0 \text{ тыс. руб.}; \\ \mathcal{E}_2 &= \frac{284}{(1 + 0,1)^2} = 234,7 \text{ тыс. руб.}; & \mathcal{E}_5 &= 176,3 \text{ тыс. руб.}; \\ \mathcal{E}_3 &= \frac{284}{(1 + 0,1)^3} = 213,4 \text{ тыс. руб.}; & \mathcal{E}_6 &= 160,3 \text{ тыс. руб.} \end{aligned}$$

За первые 3 года сумма приведенных экономических эффектов составит:

$\sum_3 \mathcal{E} = 258,2 + 234,7 + 213,4 = 706,3$ тыс. руб., что меньше величины капиталовложений $K = 864$ тыс. руб.

За 4 года сумма приведенных эффектов составит:

$\sum_4 \mathcal{E} = 258,2 + 234,7 + 213,4 + 194,0 = 900,3$ тыс. руб., что больше величины капиталовложений.

Таким образом, срок окупаемости лежит в пределах 3 ... 4 лет. Для более точного его нахождения воспользуемся приведенными во 2 разделе методическими положениями:

$$T_{\text{ок}} = 3 + \frac{864 - 706,3}{194,0} = 3,81 \text{ года.}$$

Или, воспользовавшись формулой (2.56) при условии $\Pi = \text{const}$:

$$T_{\text{ок.д}} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{864 \cdot 0,1}{284}\right)}{\ln(1 + 0,1)} = 3,8 \text{ года.}$$

5.2. АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОЕКТЫ ПО ОБОСНОВАНИЮ ЭЛЕКТРОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В промышленности и сельском хозяйстве используется широкая номенклатура электротехнических изделий. Автоматизация работы электроустановок и технологических процессов достигла высокого уровня, появились достаточно сложные системы автоматического управления и регулирования с использованием микропроцессорной техники.

В процессе эксплуатации электрооборудование и устройства автоматики изнашиваются.

Капитальный ремонт призван восстановить их технические показатели на уровень первоначальных значений и вернуть оборудование в строй. Такие работы должны проводиться в централизованном порядке на специализированных электроремонтных предприятиях (ЭРП).

С ростом уровня потребляемых энергетических ресурсов увеличивается объем капитальных ремонтов и возрастает роль ЭРП.

Эффективность работы ЭРП зависит от правильного выбора основных характеристик – радиуса зоны обслуживания (R), объема годовой производственной программы ($Q_{z.n}$), числа производственных рабочих (N_p).

Увеличивая радиус зоны обслуживания, можно создать крупные ЭРП, на которых имеется возможность полного использования материалов, технологического оборудования, внедрения передовых технологических процессов. В результате снижается себестоимость ремонта. Но вместе с тем при создании крупных ЭРП увеличиваются затраты на доставку ремонтного фонда. Характеристики ЭРП зависят от плотности размещения ремонтного фонда.

Оптимальные характеристики ЭРП можно рассчитать по формулам:

$$Q_{z.n} = \pi R^2 q_p; \quad N_p = \frac{Q_{z.n} w_k}{\Phi_z}, \quad (5.15)$$

где q_p – плотность размещения ремонтного фонда, у.е.р./км²;
 $Q_{z.n}$ – объем годовой производственной программы, у.е.р.;
 w_k – норматив трудозатрат на проведение капитального ремонта ($w_k = 12,5$ чел.-ч/у.е.р.);
 Φ_z – годовой фонд рабочего времени одного человека, ч.

Для определения характеристик ЭРП административный район, в котором проектируется предприятие, принимается за базисный. Определяется состав и число электрооборудования, используемого в данном районе, а также площадь его территории. При этом учитывается перспектива на 5 ... 7 лет. Ориентировочно объем ремонтируемых изделий по этой причине может увеличиться до 1,5 раз.

По установленному электрооборудованию для принятой ранее специализации ЭРП рассчитывается количество каждого вида электрооборудования, подлежащего капитальному ремонту в базовом районе.

Далее ремонтный фонд переводится в у.е.р. в соответствии с имеющимися нормативными данными. По полученным данным $Q_{z.n}$ и площади базисного района определяют плотность размещения ремонтного фонда q_p и число производственных рабочих N_p .

Для обоснования метода ремонта рассчитывают основные показатели производственного процесса: такт ремонта, продолжительность ремонта и фронт ремонта.

Такт ремонта (t_p) – это промежуток времени, через который поступает в ремонт или выходит из ремонта оборудование в 1 у.е.р.:

$$t_p = \Phi_n / Q_{z.n}, \quad (5.16)$$

где Φ_n – годовой фонд рабочего времени предприятия ($\Phi_n = 2000$ ч для односменной работы, $\Phi_n = 4000$ ч для двусменной работы).

Продолжительность пребывания в ремонте (Π_p) – это время от начала первой операции до конца последней. Ориентировочно можно считать:

$$\Pi_p = 0,8 \dots 0,9 w_{\kappa}, \quad (5.17)$$

Более точно продолжительность можно определить по графику согласования работ.

Фронт работ (f_p) – это количество объектов, одновременно находящихся в ремонте:

$$f_p = \Pi_p / t_p. \quad (5.18)$$

Зная такт ремонта t_p , продолжительность пребывания в ремонте Π_p , длительность t_{max} – наиболее трудоемкой и длительность t_{min} – наименее трудоемкой операций процесса ремонта данного объекта можно ориентировочно выбрать метод ремонта:

- $t_p \leq w_{\kappa}$ – индивидуальный или бригадный;
- $t_{max} < t_p < w_{\kappa}$ – бригадный или бригадно-узловой;
- $t_{min} < t_p < w_{\kappa}$ – поточно-узловой.

Общую производственную площадь ЭРП можно определить по удельной норме f_x на одного производственного рабочего:

$$F_n = f_x N_p, \quad (5.19)$$

где $f_x = 20$ м²/чел. для мелких ЭРП, $f_x = 10$ м²/чел. для крупных ЭРП.

Расчет капитальных вложений

Стоимость основных производственных фондов нового ремонтного предприятия рассчитывается по формуле

$$K = K_{зд} + K_o + K_{n.u}, \quad (5.20)$$

где $K_{зд}$ – стоимость производственного здания;
 K_o – стоимость установленного оборудования;
 $K_{n.u}$ – стоимость приборов, приспособлений, инструмента.

Стоимость производственного здания:

$$K_{зд} = c_3 F_n, \quad (5.21)$$

где c_3 – средняя стоимость строительно-монтажных работ, отнесенная к 1 м^2 производственной площади ремонтного предприятия, руб./ м^2 ;
 F_n – производственная площадь ЭРП, м^2 .

Стоимость установленного оборудования:

$$K_o = c_o F_n. \quad (5.22)$$

Стоимость приборов, приспособлений, инструментов инвентаря:

$$K_{n.u} = c_{n.u} F_n. \quad (5.23)$$

В учебных целях можно принять:

для специализированных предприятий по ремонту электрооборудования $c_3 = 2 \dots 5$ тыс. руб./ м^2 ; $c_o = 4 \dots 7$ тыс. руб./ м^2 ; $c_{n.u} = 2 \dots 3$ тыс. руб./ м^2 .

В проектах реконструкции ремонтных предприятий стоимость основных производственных фондов определяется по формуле

$$K = K_{зд} + K'_{зд} + K_o + K'_o + K_{n.u} + K'_{n.u}, \quad (5.24)$$

где $K_{зд}$, $K'_{зд}$ – стоимость здания пригодного для дальнейшей эксплуатации и затраты на реконструкцию отдельных элементов здания;
 K_o , K'_o – стоимость оставшегося и недостающего (дополнительного) оборудования;
 $K_{n.u}$, $K'_{n.u}$ – стоимость остающихся и дополняемых приборов, приспособлений, инвентаря.

Значения $K_z, K_o, K_{n.u}$ берутся для исходного ремонтного предприятия по приведенным ранее данным. Стоимость реконструкции отдельных элементов здания по нормативным удельным капиталовложениям. Затраты на недостающее или заменяемое оборудование выбирают по прейскуранту оптовых цен или по нормативным данным на 1 у.е.р.

В проектах реконструкции ремонтных предприятий размер дополнительных капиталовложений можно рассчитать по упрощенной формуле:

$$\Delta K = (z_{cm} + z_o) \Delta Q, \quad (5.25)$$

где z_{cm}, z_o – укрупненный норматив на строительно-монтажные работы и оборудование ($z_{cm} = 1000$ руб./у.е.р., $z_o = 400$ руб./у.е.р.); ΔQ – объем увеличения программы предприятия в у.е.р.

Расчет себестоимости ремонта изделий

Себестоимость продукции, выпускаемой ЭРП представляет собой выражение в денежной форме текущих затрат предприятия на ее производство и сбыт.

При проектировании ЭРП, выпускающего продукцию не для сбыта, а в порядке кооперирования с другими цехами (участками), рассчитывают цеховую себестоимость, т.е. учитывают только прямые и общепроизводственные расходы.

Для предприятий, выпускающих продукцию на сбыт, определяют полную себестоимость, в которой кроме цеховых расходов учитывают общехозяйственные и внепроизводственные расходы.

Цеховая себестоимость ремонта изделия:

$$Z_{ц} = Z_{пл} + Z_{з.ч} + Z_{р.м} + Z_{кооп} + Z_{оп}, \quad (5.26)$$

где $Z_{пл}$ – полная заработная плата производственных рабочих;
 $Z_{з.ч}, Z_{р.м}$ – затраты на запасные части и материалы для ремонта;
 $Z_{кооп}$ – затраты на оплату изделий, поступающих в порядке кооперации;
 $Z_{оп}$ – стоимость общепроизводственных накладных расходов.

Полная заработная плата производственных рабочих:

$$Z_{пл} = Z_o + Z_\delta + Z_c, \quad (5.27)$$

где Z_o – основная заработная плата производственных рабочих;
 Z_δ – дополнительная заработная плата (на ЭРП Z_δ составляет 0,1 ... 0,2 от Z_o);

Z_c – отчисления на социальное страхование ($Z_c = \frac{Z_o + Z_\delta}{100} 35,6$).

Основная заработная плата определяется по формуле

$$Z_o = s_{\text{ч}} \Phi_z N_p \eta_t, \quad (5.28)$$

где $s_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка производственных рабочих, исчисляемая по среднему разряду, руб./ч;
 Φ_z – годовой фонд рабочего времени, ч;
 N_p – число производственных рабочих, чел.;
 η_t – коэффициент, учитывающий доплату за сверхурочные и другие работы ($\eta_t = 1,025 \dots 1,03$).

Затраты на запасные части с оплатой работ на стороне:

$$Z_{\text{з.ч}} = \eta_{\text{з.ч}} Z_{\text{пл}}, \quad (5.29)$$

где $\eta_{\text{з.ч}} \approx 3 \dots 4$.

Затраты на материалы, используемые при ремонте:

$$Z_{\text{м}} = \eta_{\text{м}} Z_{\text{пл}}, \quad (5.30)$$

где $\eta_{\text{м}} \approx 0,2$.

Общепроизводственные накладные расходы включают: заработную плату обслуживающего персонала; затраты на текущий ремонт зданий и оборудования; расходы на электроэнергию, воду, пар, сжатый газ; затраты на вспомогательные материалы; отчисления на охрану труда, изобретательскую и рационализаторскую работу.

Значение общепроизводственных расходов $Z_{\text{он}}$ можно определить, подсчитав сумму затрат по отдельным статьям:

$$Z_{\text{н}} = \sum_{j=1}^m Z_{\text{он}j}, \quad (5.31)$$

где m – число статей общепроизводственных расходов;

$Z_{\text{он}j}$ – j -я составляющая расходов.

Упрощено общепроизводственные расходы определяются по формуле

$$Z_{\text{он}} = r_{\text{он}} Z_{\text{пл}}, \quad (5.32)$$

где $r_{\text{он}}$ – удельная величина общепроизводственных накладных расходов ($r_{\text{он}} = 0,7$).

Общехозяйственные расходы:

$$Z_{\text{ох}} = r_{\text{ох}} Z_{\text{пл}}, \quad (5.33)$$

где $r_{\text{ох}}$ – коэффициент общехозяйственных расходов ($r_{\text{ох}} = 0,12 \dots 0,15$).

Внепроизводственные расходы $Z_{н.р}$ обычно составляют 0,01 ... 0,02 от суммарной заработной платы.

Суммарные эксплуатационные издержки ремонтного предприятия с учетом общехозяйственных и внепроизводственных расходов определяются по формуле

$$Z = Z_{ц} + Z_{ох} + Z_{н.р}. \quad (5.34)$$

Расчет оборотных средств ремонтного предприятия

Совокупность оборотных средств и фондов обращения, выраженных в стоимостной форме образует оборотные средства предприятия, которые по принципу организации делятся на нормируемые и ненормируемые:

$$I_{об} = I_{об.н} + I_{об.нен}. \quad (5.35)$$

$$\text{Обычно } I_{об.нен} = 0,25I_{об.н}. \quad (5.36)$$

$$\text{Тогда } I_{об} = 1,25I_{об.н}. \quad (5.37)$$

Нормируемые оборотные средства определяются по формуле

$$I_{об.н} = (T_{г.н} / d_{к}) \sum_{i=1}^n u_i d_{zi} + I_{н.н}, \quad (5.38)$$

где $T_{г.н}$ – годовая программа ремонта оборудования в приведенных единицах;

$d_{к}$ – число календарных дней в году;

u_i – удельные затраты, руб./изд.;

d_{zi} – нормативные календарные дни, на которые формируется запас по статьям затрат, дн.;

$I_{н.н}$ – стоимость незавершенного производства, руб.

При отсутствии нормативов собственных оборотных средств их суммарное значение можно принять в размере 10 ... 15% годового выпуска продукции по полной себестоимости.

Расчет показателей экономической эффективности

Стоимость валовой (товарной) продукции на планируемый период можно установить, зная объем годовой производственной программы и удельные затраты на 1 у.е.р.

$$B_n = Q_{г.н} z_{о.ц}, \quad (5.39)$$

где $z_{о.ц}$ – оптовая цена 1 у.е.р., руб./у.е.р.

Усредненное значение $z_{оц}$ для асинхронных короткозамкнутых электродвигателей составляет 500 ... 800 руб./у.е.р.

Плановая (балансовая) прибыль предприятия определяется разностью в оптовой цене и полной себестоимости этой продукции из расчета годовой производственной программы:

$$П_{б} = B_n - З. \quad (5.40)$$

Зная балансовую прибыль можно определить другие показатели экономической эффективности по вышеприведенной методике.

Пример 5.2. Планируется строительство ЭРП по капитальному ремонту электрических машин для сельскохозяйственных предприятий. Ситуационная схема размещения сельскохозяйственных объектов показана на рисунке 5.2.

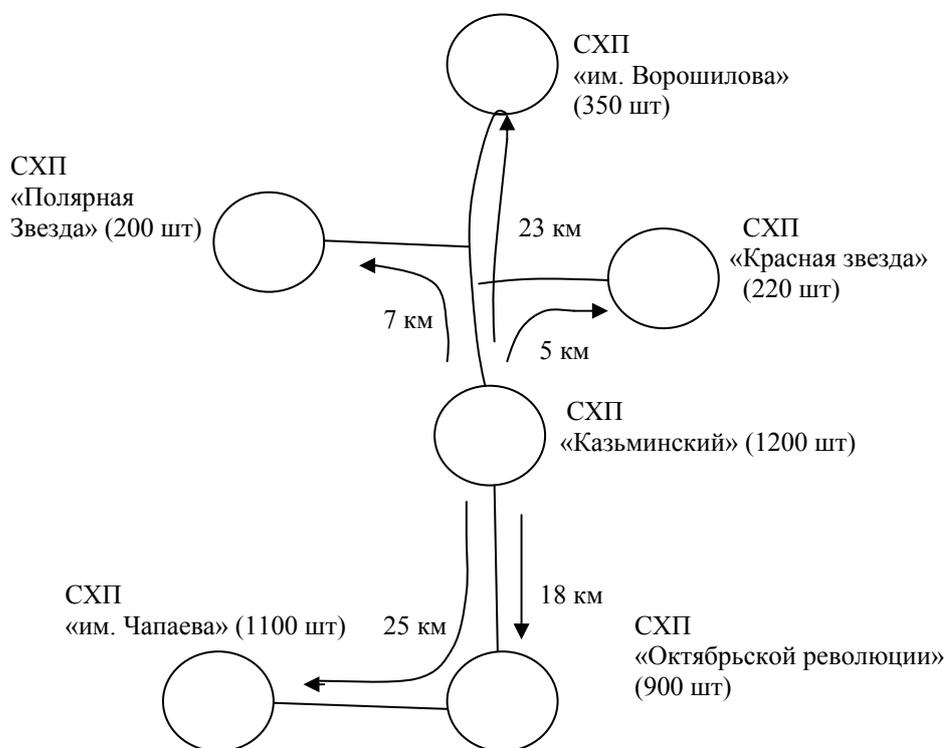


Рисунок 5.2 – Ситуационная схема размещения сельскохозяйственных предприятий

На рисунке 5.1 в км указано расстояние до объектов, а также число эксплуатируемых электродвигателей в каждом хозяйстве (в шт.).

Выполнить расчет технико-экономических показателей ЭРП.

Решение. Расчет технико-экономических показателей ЭРП начнем с установления числа электродвигателей, подлежащих капитальному ремонту ежегодно.

В результате обследования хозяйств, входящих в зону обслуживания, получены сведения о числе электродвигателей, эксплуатируемых в каждом из них (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Сведения о числе электродвигателей, эксплуатируемых в хозяйствах зоны обслуживания

Название хозяйства.	Количество электродвигателей, шт.
СХП «Казьминский»	1200
СХП «им. Ворошилова»	350
СХП «Красная звезда»	220
СХП «Полярная звезда»	200
СХП «Октябрьской революции»	900
СХП «им. Чапаева»	1100
В с е г о	3970

Зная суммарный парк электрооборудования, можно установить число электродвигателей, подлежащих ремонту:

$$\varepsilon_p = \varepsilon / t_p,$$

где ε – количество эксплуатируемых электродвигателей в зоне обслуживания; t_p – цикл ремонта.

Приняв $t_p = 5$ лет, получим:

$$\varepsilon_p = 3970 / 5 = 794 \text{ шт.}$$

Для перевода электрооборудования, подлежащего ремонту из физических единиц в условные необходимо его сгруппировать по мощности. Доля по группам при этом устанавливается по среднестатистическим данным. Результаты разбивки по мощности даны в таблице 5.2. В таблице приведены также результаты расчета объема работ в у.е.р.

Таблица 5.2 – Разбивка электродвигателей на группы по мощности

Тип электродвигателей и их мощность	Доля по группам, %	Количество в группе ρ_i , шт.	Переводной коэффициент, ν_i	Объем работ Q_i , у.е.р.
Асинхронные, короткозамкнутые электродвигатели:				
- до 1 кВт,	8	64	0,8	51,2
- 1,1...3 кВт,	40	318	0,9	286,2
- 3,1...5 кВт,	18	143	1,0	143
- 5,1...10 кВт,	17	135	1,5	202,5
- более 10 кВт.	12	95	2	190
Электродвигатели с фазным ротором	5	40	3,1	124

Всего

996,9

При этом объем работ в у.е.р. для каждой группы определяется по формуле

$$Q_i = \rho_i v_i.$$

Например, для электродвигателей мощностью до 1 кВт:

$$Q_1 = \rho_1 v_1 = 0,8 \cdot 64 = 51,2 \text{ у.е.р.}$$

Аналогичные расчеты проведены для остальных групп электродвигателей.

При планировании предполагаемого объема работ мастерской нужно дополнительно добавить неучтенное электрооборудование, возможный разброс аварийного выхода из строя электротехнических изделий, выполнение работ для сторонних организаций. Примем объем таких работ в размере 25% от базового, тогда:

$$Q_{z.n} = 996,9 + 0,25 \cdot 996,9 = 1246 \text{ у.е.р.}$$

Для определения плотности размещения ремонтного фонда q_p (у.е.р./км²) нужно знать объем годовой производственной программы $Q_{z.n}$ и площадь базисного района F_{δ} . Для ситуационной схемы (рисунок 5.1) $F_{\delta} \approx 300 \text{ км}^2$, следовательно:

$$q_p = Q_{z.n} / F_{\delta} = 1246 / 300 = 4,15 \text{ у.е.р./км}^2.$$

Трудоемкость годовой производственной программы определим путем перевода у.е.р. в чел.-ч, исходя из нормы $w_k = 1 \text{ у.е.р.} = 12,5 \text{ чел.-ч}$:

$$T_{z.n} = Q_{z.n} w_k = 1246 \cdot 12,5 = 15575 \text{ чел.-ч.}$$

Зная трудоемкость годовой производственной программы, определим число производственных рабочих на предприятии:

$$N_p = T_{z.n} / \Phi_z = 15575 / 1756 = 8,87 \text{ чел.}$$

Принимаем 9 человек.

Для обоснования метода ремонта рассчитаем основные показатели производственного процесса:

$$\text{такт производства } t_p = \Phi_n / Q_{z.n} = 2000 / 1246 = 1,6 \text{ ч/у.е.р.};$$

$$\text{продолжительность ремонта } \Pi_p = 0,9 w_k = 0,9 \cdot 12,5 = 11,25 \text{ ч};$$

$$\text{фронт работ } f_p = \Pi_p / t_p = 11,25 / 1,6 = 7 \text{ у.е.р.}$$

Судя по полученным данным, на предприятии необходимо использовать бригадный или индивидуальный метод работы.

Общую производственную площадь предприятия получим по удельной норме (f_x) на одного производственного рабочего:

$$F = f_x N_p = 16 \cdot 9 = 144 \text{ м}^2.$$

В экономической части проекта необходимо оценить экономическую эффективность инвестиционного проекта.

Стоимость строительной части ремонтного предприятия и стоимость оборудования определим через производственную площадь мастерской, приняв удельную стоимость оборудования $c_o = 4$ тыс. руб./м²:

$$K = K_z + K_o + K_{н.и.} = 3 \cdot 144 + 4 \cdot 144 + 2 \cdot 144 = 1296 \text{ тыс. руб.}$$

Эксплуатационные расходы состоят из следующих статей: заработной платы, затрат на покупку запасных частей и материалов, общепроизводственных, общехозяйственных и прочих расходов.

Определим основную заработную плату производственных рабочих за год:

$$Z_o = s_x \Phi_z N_p \eta_t = 5,96 \cdot 1756 \cdot 9 \cdot 1,03 = 97 \text{ тыс. руб.}$$

Другие составляющие суммарной заработной платы определим в виде доли основной:

$$Z_o = 0,13_o = 0,1 \cdot 97 = 9,7 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_c = \frac{(Z_o + Z_o)}{100} 35,6 = \frac{(97 + 9,7)}{100} 35,6 = 38 \text{ тыс. руб.}$$

Суммарные затраты на зарплату:

$$Z_{нл} = 97 + 9,7 + 38 = 144,7 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на запасные части для ремонтных нужд с оплатой работ на стороне:

$$Z_{з.ч} = \eta_{з.ч} Z_{нл} = 3 \cdot 144,7 = 434,1 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на материалы, используемые при ремонте:

$$Z_m = \eta_m Z_{нл} = 0,2 \cdot 144,7 = 28,9 \text{ тыс. руб.}$$

Общепроизводственные расходы определим по упрощенной формуле:

$$Z_{он} = r_{он} Z_{пл} = 0,7 \cdot 144,7 = 101,3 \text{ тыс. руб.}$$

Общехозяйственные расходы:

$$Z_{ох} = r_{ох} Z_{пл} = 0,12 \cdot 144,7 = 17,4 \text{ тыс. руб.}$$

Внепроизводственные расходы:

$$Z_{н.р} = r_{н.р} Z_{пл} = 0,02 \cdot 144,7 = 2,9 \text{ тыс. руб.}$$

Суммарные эксплуатационные издержки:

$$Z = 144,7 + 434,1 + 28,9 + 101,3 + 17,4 + 2,9 = 729,3 \text{ тыс. руб.}$$

Оборотные средства примем в размере 10% от себестоимости ремонтируемых изделий за год:

$$I_{об} = 0,1 \cdot 729,3 = 73 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость валовой продукции:

$$B_n = Q_{г.н} z_{о.ц} = 1246 \cdot 800 = 996,8 \text{ тыс. руб.}$$

Балансовая прибыль предприятия ежегодно составит:

$$П_б = B_n - Z = 996,8 - 729,3 = 267,5 \text{ тыс. руб.}$$

Чистый дисконтированный доход, в данном случае, будет обусловлен непрерывным денежным потоком (поступления заказов можно считать непрерывными), и по формуле (2.45) для непрерывного потока за 10 лет существования проекта при норме дисконта $E = 0,1$ составит:

$$ЧДД = \frac{267,5}{0,1} (1 - e^{-0,1 \cdot 10}) - 1296 = 394,9 \text{ тыс. руб.}$$

Поскольку $ЧДД > 0$, то проект можно считать эффективным и принять его.

Для сравнения рассчитаем $ЧДД$ по формуле (2.41) как для дискретного денежного потока:

$$ЧДД = \sum_{m=0}^{10} \frac{П_0}{(1+E)^m} - K = \sum_{m=0}^{10} \frac{267,5}{(1+0,1)^m} - 1296 = 347,7 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, различие в полученных значениях при использовании интегрального и дискретного подходов очевидно и составляет 12%.

Внутреннюю норму доходности (ВНД) рассчитаем по приведенной во 2 разделе методике, предполагая, что она лежит в диапазоне $E_{вн} = 15 \dots 20\%$ (рисунок 5.3). При $E_{вн} = 15\%$ чистый дисконтированный доход составляет 89,4 тыс. руб. т.е. положителен. При $E_{вн} = 20\%$ ЧДД = -139,5 тыс. руб. (отрицателен).

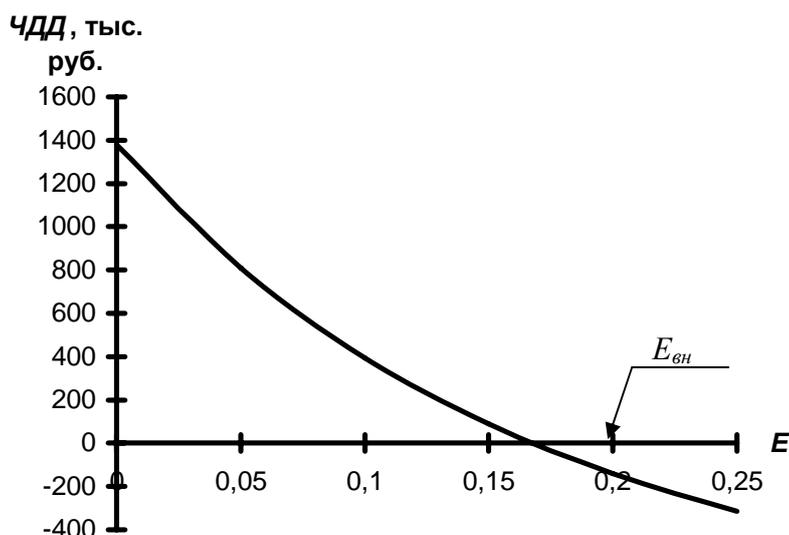


Рисунок 5.3 – Внутренняя норма доходности проекта

Тогда, линеаризуя функцию $ЧДД = f(E)$ на данном участке, получим:

$$E_{вн} = 15 + \frac{89,4}{89,4 - (-139,5)} (20 - 15) = 16,95\%.$$

Сужая диапазон нахождения $E_{вн}$ до 16 ... 17%, уточним ее значение:

При $E_{вн} = 16\%$, ЧДД = 38,3 тыс. руб., при $E_{вн} = 17\%$ ЧДД = - 9,9 тыс. руб. Таким образом:

$$E_{вн} = 16 + \frac{38,3}{38,3 - (-9,9)} (17 - 16) = 16,79\%.$$

Для расчета срока окупаемости определим приведенные годовые эффекты за весь срок существования проекта:

$$\mathcal{E}_1 = \frac{267,5}{1 + 0,1} = 243,2 \text{ тыс. руб.}$$

$$\mathcal{E}_4 = 182,7 \text{ тыс. руб.}$$

$$\mathcal{E}_2 = \frac{267,5}{(1 + 0,1)^2} = 221,1 \text{ тыс. руб.}$$

$$\mathcal{E}_5 = 166,1 \text{ тыс. руб.}$$

$$\mathcal{E}_3 = \frac{267,5}{(1 + 0,1)^3} = 201,0 \text{ тыс. руб.}$$

$$\mathcal{E}_6 = 151,0 \text{ тыс. руб.}$$

$$\mathcal{E}_7 = 137,3 \text{ тыс. руб.}$$

За первые 6 лет сумма приведенных экономических эффектов составит:

$$\sum_6 \mathcal{E} = 243,2 + 221,1 + 201,0 + 182,7 + 166,1 + 151,0 = 1165,1 \text{ тыс. руб., что}$$

меньше величины капиталовложений $K = 1296$ тыс. руб.

За 7 лет сумма приведенных эффектов составит:

$$\sum_6 \mathcal{E} = 243,2 + 221,1 + 201,0 + 182,7 + 166,1 + 151,0 + 137,3 = 1302,4 \text{ тыс.}$$

руб., что больше величины капиталовложений. Таким образом, срок окупаемости лежит в пределах 6 ... 7 лет.

$$T_{ок} = 6 + \frac{1296 - 1165,1}{137,3} = 6,95 \text{ года.}$$

Поскольку, прибыль по годам расчетного периода предполагаем постоянной, можно для расчета срока окупаемости также воспользоваться формулой (2.57):

$$T_{ок.д} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{1296 \cdot 0,1}{267,5}\right)}{0,1} = 6,63 \text{ года.}$$

РАЗДЕЛ 6.

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

Технико-экономическое обоснование проекта автоматизированной информационной системы проводится с целью:

- доказать целесообразность инвестиционного проекта по внедрению автоматизированной системы;
- рассчитать и проанализировать составляющие денежного потока для рассматриваемого срока службы системы;
- сопоставить затраты на создание и функционирование автоматизированной системы с результатами, получаемыми от ее внедрения, оценить прибыль, определить условия и сроки окупаемости затрат.

В процессе проектирования системы обработки информации проектировщик может ориентироваться на несколько вариантов аппаратной платформы и разработать несколько вариантов технологических процессов, среди которых ему необходимо выбрать наилучший. К основным требованиям, предъявляемым к выбираемому технологическому процессу, относятся:

- обеспечение пользователя своевременной информацией;
- обеспечение высокой степени достоверности получаемой информации;
- обеспечение минимальности трудовых и стоимостных затрат, связанных с обработкой данных.

5.1 Определение трудоемкости работ по созданию программного продукта

Трудоемкости разработки программного обеспечения в чел.-ч определяется по формуле:

$$T_{no} = T_o + T_u + T_a + T_n + T_{отл} + T_{\partial}, \quad (6.1)$$

- где
- T_o – затраты труда на описание задачи;
 - T_u – затраты на исследование предметной области;
 - T_a – затраты на разработку блок-схемы;
 - T_n – затраты на программирование;
 - $T_{отл}$ – затраты на отладку программы;
 - T_{∂} – затраты на подготовку документации.

Большинство составляющих трудоемкости определяются через общее число операторов D .

$$D = \alpha c(1 + p), \quad (6.2)$$

где α – число операторов, ед;

c – коэффициент сложности задачи, ($c = 1,25 \dots 2$);

p – коэффициент коррекции программы, учитывающий новизну проекта (для совершенно новой программы $p = 0,1$).

Затраты труда на описание задачи T_o точно определить заранее невозможно. Ориентировочно принимают $T_o = 30 \dots 40$ чел.-ч.

Затраты труда на изучение задачи T_u с учетом уточнения описания и квалификации программистов определяются по формуле

$$T_u = Db/(s_u k_k), \quad (6.3)$$

где D – общее число операторов, ед.;

b – коэффициент увеличения затрат труда, вследствие недостаточного описания задачи ($b = 1,2 \dots 1,5$);

s_u – количество операторов, приходящееся на 1 чел.-ч. (для данного вида работ $s_u = 75 \dots 85$ ед./чел.-ч);

k_k – коэффициент квалификации работника (определяется в зависимости от стажа работы и составляет: для работающих до 2-х лет – 0,8; от 2-х до 3-х – 1,0; от 3-х до 5 – 1,1 ... 1,2; от 5 до 7 – 1,3 ... 1,4; выше семи лет – 1,5 ... 1,6).

Затраты труда на разработку алгоритма решения задачи T_a рассчитывается по формуле

$$T_a = D/(s_a k_k), \quad (6.4)$$

Обычно принимают $s_a = 20 \dots 25$ ед./чел.-ч.

Затраты труда на составление программы на ЭВМ по готовой блок-схеме:

$$T_n = D/(s_n k_k), \quad (s_n = 20 \dots 25 \text{ ед./чел.-ч}). \quad (6.5)$$

Затраты труда на отладку программы на ЭВМ:

$$T_{oml} = D/(s_{oml} k_k), \quad (s_{oml} = 4 \dots 5 \text{ ед./чел.-ч}). \quad (6.6)$$

Затраты труда на подготовку документации по задаче:

$$T_{\partial} = T_{\partial p} + T_{\partial o}, \quad (6.7)$$

где $T_{\partial p}$ – затраты труда на подготовку материалов в рукописи:

$$T_{\partial p} = D / (s_{\partial p} k_{\kappa}), \quad (s_{\partial p} = 15 \dots 20 \text{ ед./чел.-ч}). \quad (6.8)$$

$T_{\partial o}$ – затраты труда на редактирование, печать и оформление документов:

$$T_{\partial o} = 0,75 T_{\partial p}, \quad (6.9)$$

Полученное значение общей трудоемкости T_{no} необходимо скорректировать с учетом уровня языка программирования:

$$T = T_{no} k_{кор}, \quad (6.10)$$

где $k_{кор}$ – коэффициент, учитывающий уровень языка программирования ($k_{кор} = 0,8 \dots 1,0$).

5.2 Расчет себестоимости автоматизированной информационной системы

Себестоимость создания автоматизированной информационной системы определяется по следующим статьям калькуляции:

- основная заработная плата производственного персонала;
- дополнительная заработная плата производственного персонала;
- отчисления на социальные нужды;
- затраты на электроэнергию;
- затраты на амортизацию и ремонт вычислительной техники;
- расходы на материалы и запасные части.

Основная заработная плата обслуживающего персонала определяется по формуле

$$Z_o = s_{\text{ч}} T, \quad (6.11)$$

где $s_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка программиста.

Дополнительная заработная плата:

$$Z_{\partial} = Z_o \eta_{\partial}, \quad (6.12)$$

где η_{∂} – коэффициент дополнительной заработной платы ($\eta_{\partial} = 0,1 \dots 0,2$).
Отчисления на социальные нужды:

$$Z_c = \frac{(Z_o + Z_d)}{100} \eta_c, \quad (6.13)$$

где η_c – норматив социальных отчислений ($\eta_d = 35,6\%$).
Затраты на потребляемую электроэнергию:

$$Z_э = P_э t_э u_э. \quad (6.14)$$

где $P_э$ – мощность ЭВМ, кВт;
 $t_э$ – время работы вычислительного комплекса, ч;
 $u_э$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб./кВт·ч.
Фонд рабочего времени при создании программного продукта можно определить по формуле

$$t_э = \alpha_n (T_n + T_{до} + T_{отл}) k_{кор}, \quad (6.15)$$

где α_n – коэффициент, учитывающий затраты времени на профилактические работы ($\alpha_n = 1,15$).

Расходы на материалы и запасные части:

$$Z_m = \sum_{i=1}^n m_{mi} u_i, \quad (6.16)$$

где $i = \overline{1, n}$ – перечень видов материалов;
 m_{mi} – количество i -го вида материалов;
 u_i – цена 1 единицы i -го вида материалов.

Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт:

$$Z_n = K_э \frac{\alpha}{100} \frac{t_э}{t_{эз}}, \quad (6.17)$$

где $K_э$ – балансовая стоимость вычислительной техники;
 $t_{эз}$ – годовой фонд времени работы вычислительной техники ($t_{эз} = 2112$ ч);
 $\alpha = 4\%$ – норма отчислений на ремонт.

Полные затраты на создание программного продукта:

$$Z = Z_o + Z_d + Z_c + Z_э + Z_m + Z_n \quad (6.18)$$

Верхний предел цены программного продукта, аналогично разделу 3 настоящего пособия, находится по формуле

$$C_{онт.в} = 0,9K_{к.из} C_{онт.эм}.$$

Нижний ценовой предел:

$$C_{онт.н} = 1,3 \dots 1,53_{сб}.$$

Договорная цена определяется с учетом НДС [33]:

$$C_{дог} = C_{онт} \left(1 + \frac{НДС}{100} \right) - (3_k + 3_m + 3_э) \frac{НДС}{100},$$

где НДС – налог на добавленную стоимость (НДС = 20%).

Оптовую и договорную цену есть смысл определять, если работа по созданию программного продукта ведется сторонними организациями.

5.3 Оценка экономической эффективности внедрения программного продукта

Показатель эффекта определяет все позитивные результаты, достигаемые при использовании программного продукта. Прибыль от использования продукта за год определяется по формуле

$$П = Э - З, \tag{6.19}$$

где Э – стоимостная оценка результатов применения программного продукта в течение года;
З – стоимостная оценка затрат при использовании программного продукта.

В данном случае амортизацию можно не учитывать, поскольку вычислительная техника активно используется и в других целях помимо применения данного программного продукта.

Приток денежных средств из-за использования программного продукта в течение года может составить:

$$Э = (З_{руч} - З_{авт}) + Э_{доп}, \tag{6.20}$$

где $З_{руч}$ – затраты на ручную обработку информации;
 $З_{авт}$ – затраты на автоматизированную обработку информации;
 $Э_{доп}$ – дополнительный экономический эффект, связанный с уменьшением числа используемых бланков, высвобождением рабочего времени и т.д.

$$Z_{руч} = t_p u_c \kappa_\partial, \quad (6.21)$$

где t_p – время, затрачиваемое на обработку информации вручную, ч;
 u_c – цена 1 ч работы оператора, руб. ;
 $\kappa_\partial = 1 \dots 2$ – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты времени на логические операции.

$$Z_{авт} = t_a u_c \kappa_\partial, \quad (6.22)$$

где t_a – затраты времени на автоматизированную обработку информации, ч.

Далее необходимо определить основные экономические показатели: ЧДД, ВНД, $T_{ок.д}$. Расчетный период подобного рода инвестиционных проектов ограничен сроком морального старения программного продукта и принимается равным 4 ... 5 лет.

5.4. Оценка технического уровня АИС и программных продуктов

Проблеме определения технического уровня АИС посвящен ряд работ различных авторов [36, 51]. Эффективность АИС рекомендуется оценивать с помощью следующих частных показателей качества:

1. Уровень организационного обеспечения:
 - а) подготовка исходных данных;
 - б) использование данных;
 - в) устойчивость к нарушениям;
 - г) доля оптимизационных задач в общем их числе.

$$Y_1 = y_n \sum_{i=1}^4 d_{1i} y_{1i}, \quad (6.23)$$

2. Уровень технического обеспечения:
 - а) среднесуточная загрузка ЭВМ;
 - б) связь с периферией;
 - в) средства отображения.

$$Y_2 = y_n \sum_{i=1}^3 d_{2i} y_{2i}. \quad (6.24)$$

3. Уровень математического обеспечения:
 - а) тип ЭВМ;
 - б) информационное обеспечение;
 - в) система программирования.

$$Y_3 = y_n \sum_{i=1}^3 d_{3i} y_{3i} \quad (6.25)$$

где y_n определяется в зависимости от принятой методологии проектирования: при автоматизированном проектировании $y_n = 1,0$; на базе типовых проектных решений $y_n = 0,8$; в соответствии с руководящими методическими материалами прототипов $y_n = 0,7$; при оригинальном проектировании $y_n = 0,6$;

d – весовые коэффициенты показателей уровня;

y – оценка показателя уровня.

Комплексный показатель технического уровня при этом определяется как:

$$K_k = D_1 Y_1 + D_2 Y_2 + D_3 Y_3, \quad (6.26)$$

где D_1, D_2, D_3 – весовые коэффициенты соответствующих уровней.

Значения D_1, D_2, D_3 зависят от класса предприятия и приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Весовые коэффициенты уровней

Число работающих (класс предприятия)	Тип производства	Виды обеспечения		
		Организационное	Техническое	Математическое
		D_1	D_2	D_3
До 2000	Индивидуальное	0,6	0,3	0,1
	Серийное	0,5	0,3	0,2
	Массовое	0,4	0,3	0,3
2000 – 8000	Индивидуальное	0,7	0,2	0,1
	Серийное	0,5	0,2	0,3
	Массовое	0,3	0,2	0,5
Свыше 8000	Индивидуальное	0,7	0,2	0,1
	Серийное	0,4	0,2	0,4
	Массовое	0,1	0,2	0,7

Коэффициенты весомостей самих показателей [36, 51] имеют следующие значения:

уровень организационного обеспечения, $D_1 = 0,6 \dots 0,1$:

а) $y_{1.1}$ - подготовка исходных данных, $d_{1.1} = 0,3$;

б) $y_{1.2}$ - использование данных, $d_{1.2} = 0,4$;

в) $y_{1.3}$ - устойчивость к нарушениям, $d_{1.3} = 0,2$;

г) $y_{1.4}$ - доля оптимизационных задач в общем их числе, $d_{1.4} = 0,1$;

уровень технического обеспечения, $D_2 = 0,2 \dots 0,3$:

- а) $y_{2.1}$ - среднесуточная загрузка ЭВМ, $d_{2.1} = 0,5$;
- б) $y_{2.2}$ - связь с периферией, $d_{2.2} = 0,3$;
- в) $y_{2.3}$ - средства отображения, $d_{2.1} = 0,2$;

уровень математического обеспечения, $D_3 = 0,1 \dots 0,7$:

- а) $y_{3.1}$ - тип ЭВМ, $d_{3.1} = 0,3$;
- б) $y_{3.2}$ - информационное обеспечение, $d_{3.2} = 0,5$;
- в) $y_{3.3}$ - система программирования, $d_{3.3} = 0,2$.

Сложность количественного определения данных показателей была решена за счет бальных оценок. Бальная оценка показателей технического уровня АИС в [36, 51] предлагается следующая:

$$y_{1.1} = \begin{cases} 6 - \text{при индивидуальной подготовке} \\ 8 - \text{при комбинированной подготовке} \\ 10 - \text{при централизованной подготовке} \end{cases}$$

$$y_{1.2} = \begin{cases} 5 - \text{при регламентации использования документа} \\ 10 - \text{при регламентации использования показателя} \end{cases}$$

$$y_{1.3} = \begin{cases} 5 - \text{при отказе элемента АИС с нарушением} \\ 8 - \text{без нарушения при резервировании функций} \\ \text{персоналом} \\ 10 - \text{за счет резервирования средствами} \\ \text{автоматизации} \end{cases}$$

$$y_{1.4} = \begin{cases} 3 - \text{до } 5\% \\ 8 - \text{от } 5 \text{ до } 20\% \\ 10 - \text{свыше } 20\% \end{cases}$$

$$y_{2.1} = \begin{cases} 3 - \text{до } 8 \text{ ч} \\ 5 - \text{от } 8 \text{ до } 14 \text{ ч} \\ 8 - \text{от } 14 \text{ до } 18 \text{ ч} \\ 10 - \text{свыше } 18 \text{ ч} \end{cases}$$

$$y_{2.2} = \begin{cases} 2 - \text{при неавтоматической связи с вычислительным} \\ \text{центром (ВЦ)} \\ 6 - \text{при полуавтоматической связи с ВЦ} \\ 10 - \text{при автоматической связи с ВЦ} \end{cases}$$

$$y_{2.3} = \begin{cases} 3 - \text{предусмотрена сигнализация при отключениях} \\ 7 - \text{при регламентированных средствах отображения} \\ 10 - \text{при ответно-запросных устройствах} \end{cases}$$

$$y_{3.1} = \begin{cases} 4 - \text{тип ЭВМ предыдущего поколения} \\ 8 - \text{тип ЭВМ нового поколения} \end{cases}$$

$$y_{3.2} = \begin{cases} 3 - \text{при локальном решении задач} \\ 5 - \text{при едином нормативном хозяйстве} \\ 10 - \text{с единой информационной базой} \end{cases}$$

$$y_{3.3} = \begin{cases} 5 - \text{алгоритмические языки} \\ 10 - \text{операционные системы} \end{cases}$$

Построение целевой функции качества технического решения производится аналогично приведенным в разделе 2 настоящего пособия, с учетом класса предприятия и типа производства.

Пример 6.1. Необходимость облегчить работу инженера-электронщика расчетно-кассовых центров (РКЦ) в сфере администрирования локальной вычислительной сети и систем передачи банковской информации, а также сокращения отчетности о составе технических средств привели к созданию специальной банковской программы “Учет технических и программных средств РКЦ.” Эта программа позволит инженерам больше уделять внимания своим непосредственным обязанностям.

Данная программа выполняет следующие основные функции:

- ведение базы данных (БД) о составе технических средств, включая их конфигурацию и комплектацию;
- ведение БД об используемых программных средствах на серверах и рабочих станциях РКЦ;
- формирование заявки на ремонт технических средств согласно утвержденной форме;
- формирование заявки на доступ пользователя к ресурсам локальной вычислительной сети РКЦ;
- формирование заявки на подключение рабочей станции к локальной вычислительной сети РКЦ;
- формирование справки о составе технических средств, находящихся в эксплуатации;
- формирование справки о составе технических средств, выведенных из эксплуатации;
- формирование справки о рабочих станциях, подключенных к локальной вычислительной сети РКЦ;

- формирование справки о составе программных средств, устанавливаемых на каждом АРМе;
- формирование ежеквартальной справки о средствах вычислительной техники, находящейся в эксплуатации, в резерве и в ремонте.

Язык программирования – Visual Basic for Application (VBA) и СУБД ACCESS 2000.

На перечисленные выше обязанности без автоматизации инженер тратил в среднем 8,7% своего рабочего времени, т.е. 14,2 ч в месяц. После внедрения программного продукта ожидается, что затраты времени на эти обязанности составят 2,6% рабочего времени, т.е. 4,25 ч в месяц.

Ориентировочный срок службы программы до морального старения 4 года, что и будет рассматриваться как расчетный период n .

Программа разрабатывается работниками РКЦ с различным квалификационным уровнем. Число операторов программы $\alpha = 2000$ ед.

Р е ш е н и е.

Условное число операторов:

$$D = 2000 \cdot 1,4(1 + 0,1) = 3080 \text{ ед.}$$

Затраты труда на описание задачи принимаем: $T_o = 40$ чел.-ч. Работу выполняет инженер-технолог с окладом 6000 руб. в месяц и коэффициентом $k_k = 1,3$.

Затраты труда на изучение задачи:

$$T_u = \frac{3080 \cdot 1,4}{75 \cdot 1,3} = 44,2 \text{ чел.-ч. (инженер-технолог).}$$

Затраты труда на разработку блок-схемы:

$$T_a = \frac{3080}{20 \cdot 1,3} = 118,5 \text{ чел.-ч. (инженер-технолог).}$$

Затраты труда на программирование:

$$T_n = \frac{3080}{20 \cdot 1,4} = 110 \text{ чел.-ч. (инженер программист 1 категории, с окладом 7000 руб./мес., } k_k = 1,4).$$

Затраты труда на отладку программы:

$$T_{\text{отл}} = \frac{3080}{4 \cdot 1,4} = 550 \text{ чел.-ч. (инженер-программист 1 категории).}$$

Затраты труда на подготовку материалов в рукописи:

$$T_{\text{др}} = \frac{3080}{15 \cdot 1,2} = 171,1 \text{ чел.-ч (инженер-программист 2 категории, с окладом 5280 руб./мес., } k_k = 1,4).$$

Затраты труда на редактирование, печать и оформление документов:

$$T_{\text{до}} = 0,75 \cdot 171,1 = 128,3 \text{ чел.-ч. (инженер-программист 2 категории).}$$

Полные трудозатраты:

$$T_{\text{но}} = 40 + 44,2 + 118,5 + 550 + 110 + 171,1 + 128,3 = 1162,1 \text{ чел.-ч.}$$

С учетом корректировки (язык относится к языкам программирования высокого уровня, $k_{\text{кор}} = 0,8$):

$$T = 0,8 \cdot 1162,1 = 929,7 \text{ чел.-ч.}$$

Часовая тарифная ставка инженера-программиста 1 категории:

$$s_{\text{ч}} = \frac{7000}{163} = 42,95 \text{ руб.}$$

$$\text{Инженера-программиста 2 категории: } s_{\text{ч}} = \frac{5280}{163} = 32,39 \text{ руб.}$$

$$\text{Инженера-технолога: } s_{\text{ч}} = \frac{6000}{163} = 36,81 \text{ руб.}$$

Фонд рабочего времени при создании программного продукта:

$$t_{\text{с}} = 1,15(110 + 550 + 128,3) \cdot 0,8 = 725,2 \text{ ч.}$$

Основная заработная плата с учетом коэффициента корректировки и различных часовых ставок программистов:

$$Z_o = (550 + 110) \cdot 0,8 \cdot 42,95 + (171,1 + 128,3) \cdot 0,8 \cdot 32,39 + (40 + 44,2 + 118,5) \times 0,8 \cdot 36,81 = 36405 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата:

$$Z_o = 0,2 \cdot 36405 = 7281 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды (35,6%):

$$Z_c = 35,6 \frac{(36405 + 7281)}{100} = 15552 \text{ руб.}$$

Затраты на потребляемую электроэнергию:

$$Z_p = 0,3 \cdot 1,1 \cdot 725,2 = 239 \text{ руб.}$$

Расходы на материалы и запасные части:

$$Z_m = \sum_{i=1}^n m_{mi} u_i, \quad Z_m \approx 200 \text{ руб.}$$

Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт (стоимость вычислительной техники $K_{gm} = 20000$ руб.):

$$Z_n = 20000 \cdot 0,04 \cdot \frac{725,2}{2112} = 275 \text{ руб.}$$

Полные затраты на создание программного продукта:

$$Z = 36405 + 7281 + 15552 + 239 + 200 + 275 = 59952 \text{ руб.}$$

Поскольку разработка программного продукта ведется работниками РКЦ, оптовая цена программного продукта не рассматривается.

Капиталовложения при внедрении программного продукта равняются его себестоимости и в приведении к расчетному году не нуждаются:

$$K = Z = 59952 \text{ руб.}$$

Данный продукт используется 11-ю РКЦ. Оклад инженера-электронщика РКЦ – 2600 руб., премиальный фонд – 50% от оклада.

Часовая ставка инженера:

$$s_q = \frac{2600 + 0,5 \cdot 2600}{163} = 29,93 \text{ руб.}$$

Тогда годовые затраты 11 РКЦ при ручной обработке информации (затраты времени на ручную обработку информации составляют 14,2 ч в месяц) составят:

$$Z_{руч} = 14,2 \cdot 11 \cdot 12 \cdot 29,93 = 56101 \text{ руб.}$$

При автоматизированной обработке информации (затраты времени 4,25 ч. в месяц):

$$Z_{авт} = 4,25 \cdot 11 \cdot 12 \cdot 29,93 = 16791 \text{ руб.}$$

Годовой эффект от внедрения программного продукта:

$$\mathcal{E} = Z_{руч} - Z_{авт} = 56101 - 16791 = 39310 \text{ руб.}$$

Эксплуатационные затраты при использовании программного продукта будут состоять из затрат на электроэнергию и техническое обслуживание и текущие ремонты вычислительно техники.

Для 11 РКЦ за 12 месяцев затраты на электроэнергию при потребляемой мощности компьютера $P_э = 0,3$ кВт составят (стоимость электроэнергии $ц_э = 1,1$ руб./кВт·ч):

$$Z_э = 0,3 \cdot 11 \cdot 4,25 \cdot 12 \cdot 1,1 = 185 \text{ руб.}$$

Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт:

$$Z_n = 20000 \cdot 0,04 \frac{51}{2112} \cdot 11 = 212 \text{ руб.}$$

Тогда: $Z = Z_э + Z_n = 185 + 212 = 397$ руб.

Годовая прибыль согласно (6.21):

$$\Pi = 39310 - 397 = 38913 \text{ руб.}$$

Таким образом, мы имеем следующий денежный поток:

0 шаг (капиталовложения) -59952 руб.;

1 шаг 38913 руб.;

2 шаг 38913 руб.;

3 шаг 38913 руб.;

4 шаг 38913 руб.

Поскольку эффект от экономии трудозатрат проявляется себя, ежемесячно, каждый шаг расчетного периода разобьем на $t = 12$ подпериодов (по числу месяцев в году). При условии, что $\Pi_t = \text{const}$, для определения ЧДД имеет смысл воспользоваться выражением (2.44):

$$ЧДД = \sum_{m=1}^n \frac{\Pi_t}{(1 + E/t)^m} - K = \Pi \frac{(1 + E/t)^n - 1}{E(1 + E/t)^n} - K,$$

Данный проект, согласно таблице 2.7 можно отнести к инновационным проектам, т.е. к проектам с высоким уровнем риска и норма дисконта для такого рода проектов находится в пределах 25 ... 27%.

Чистый дисконтированный доход за $n = 4$ года использования программного продукта (срок до морального старения данной разработки) при норме дисконта $E = 25\%$ составит:

$$ЧДД = 38913 \frac{(1 + 0,25/12)^{12 \cdot 4} - 1}{0,25(1 + 0,25/12)^{12 \cdot 4}} - 59952 = 37850 \text{ руб.}$$

ЧДД – положителен, т.е. проект эффективен.

Определим графически внутреннюю норму доходности проекта:

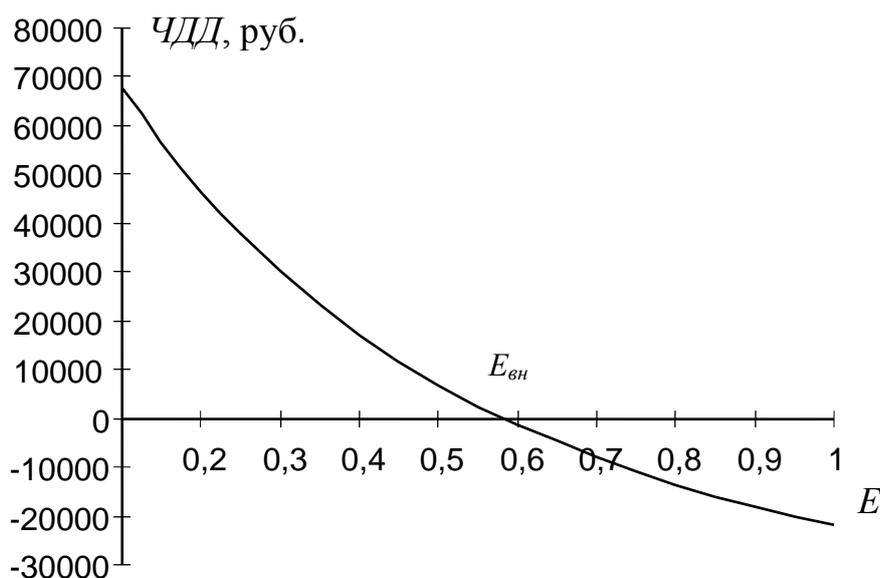


Рисунок 6.1 – Внутренняя норма доходности проекта

Предполагаем, что $E_{вн}$ лежит в диапазоне 55 ... 60%. При норме дисконта $E = 55\%$ ЧДД = 2566 руб. (положителен), при $E = 60\%$ ЧДД = -1332 руб. (отрицателен).

$$E_{вн} = 55 + \frac{2566}{2566 - (-1332)} (60 - 55) = 58,3\% .$$

Сужая диапазон нахождения $E_{вн}$ до 58 ... 59%, уточним значение ВНД:

$$E_{\text{вн}} = 58 + \frac{178}{178 - (-585)} (59 - 58) = 58,23\%.$$

Рассчитаем срок окупаемости.

Поскольку прибыль по годам расчетного периода остается постоянной, для определения динамического срока окупаемости проекта можно воспользоваться аналитической формулой (2.56):

$$T_{\text{ок.д}} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{K \cdot E}{\Pi}\right)}{\ln(1 + E)} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{59952 \cdot 0,25}{38913}\right)}{\ln(1 + 0,25)} = 2,18 \text{ года.}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение А - Интенсивности отказов компонентов

Компоненты	$\lambda_n, \times 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$
Микросхемы со средней степенью интеграции	0,013
Большие интегральные микросхемы	0,01
Транзисторы германиевые:	
до 2 мВт	0,4
до 20 мВт	0,7
до 200 мВт	0,6
свыше 2000 мВт	1,91
Транзисторы кремниевые:	
до 150 мВт	0,84
до 1 Вт	0,5
до 4 Вт	0,74
Диоды германиевые	0,157
Диоды кремниевые	0,2
Конденсаторы:	
бумажные	0,05
керамические	0,15
слюдяные	0,075
стеклянные	0,06
электролитические	0,035
воздушные переменные	0,034
Резисторы	
композиционные	0,043
пленочные	0,03
проволочные	0,087
угольные	0,045
Трансформаторы	
входные	1,09
выходные	0,09
звуковой частоты	0,02
высокочастотные	0,045
Трансформаторы питания	0,025
Автотрансформаторы	0,06
Дроссели	0,34
Катушки индуктивности	0,02
Обмотки электродвигателя	0,08
Реле	0,25n
Соединители	0,062n
Переключатели кнопочные	0,07n
Гнезда	0,01

Зажимы	0,0005
Провода соединительные	0,015
Кабели	0,475
Изоляторы	0,05
Аккумуляторы	7,2
Батареи заряжаемые	1,4
Электродвигатели:	
асинхронные	8,6
синхронные	0,359
вентиляторные	2,25
Антенны	0,36
Волноводы:	
жесткие	1,1
гибкие	2,6
Предохранители	0,5
Выводы высокочастотные	2,63
Плата печатной схемы	0,7
Пайка монтажа:	
печатного	0,01
навесного	0,03
объемного	0,02
Микрофоны динамические	20
Громкоговорители динамические	4
Датчики оптические	4,7

Примечание: n – число контактов.

Приложение Б – Квантили распределения χ^2 - Пирсона

S	Вероятность P _s							
	0,999	0,995	0,990	0,975	0,950	0,900	0,800	0,700
3	0,024	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	1,00	1,42
4	0,091	0,207	0,297	0,484	0,711	1,06	1,65	2,19
5	0,210	0,412	0,554	0,831	1,15	1,61	2,34	3,00
6	0,381	0,676	0,872	1,24	1,64	2,20	3,07	3,83
7	0,598	0,989	1,24	1,69	2,17	2,83	3,82	4,67
8	0,857	1,34	1,65	2,18	2,73	3,49	4,59	5,53
9	1,15	1,73	2,09	2,70	3,33	4,17	5,38	6,39
10	1,48	2,16	2,56	3,25	3,94	4,87	6,18	7,27
11	1,83	2,60	3,05	3,82	4,57	5,58	6,99	8,15
12	2,21	3,07	3,57	4,40	5,23	6,30	7,81	9,03
13	2,62	3,57	4,11	5,01	5,99	7,04	8,63	9,93
14	3,04	4,07	4,66	5,63	6,57	7,79	9,47	10,08
15	3,48	4,60	5,23	6,26	7,26	8,55	10,03	11,7

16	3,94	5,14	5,81	6,91	7,96	9,31	11,2	12,6
18	4,90	6,26	7,01	8,23	9,39	10,9	12,0	14,4
20	5,92	7,43	8,26	9,59	10,09	12,4	14,6	16,3
22	6,98	8,64	9,54	11,0	12,3	14,0	16,3	18,1
24	8,08	9,89	10,9	12,4	13,8	15,7	18,1	19,9
26	9,22	11,2	12,2	13,8	15,4	17,3	19,8	21,8
28	10,4	12,5	13,6	15,3	16,9	18,9	21,9	23,6
30	11,6	13,8	15,0	16,8	18,5	20,6	23,4	25,5
35	14,7	17,2	18,5	20,6	22,5	24,8	27,8	30,2
40	17,9	20,7	22,2	24,4	26,5	29,1	32,3	34,9
45	21,3	24,3	25,9	28,4	30,6	33,4	36,9	39,6
50	24,7	28,0	29,7	32,4	34,8	37,7	41,4	44,3
60	31,1	35,5	37,5	40,5	43,2	46,5	50,6	53,8
70	39,0	43,3	45,5	48,8	51,7	55,3	59,9	63,3
80	46,5	51,2	53,5	57,2	60,4	64,3	69,2	72,9
90	52,4	59,2	61,8	65,6	69,1	73,3	78,6	82,5
100	61,9	67,3	70,1	74,2	77,9	82,4	87,9	92,1

Приложение В – Значение гамма функции $\Gamma(x)$

X	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	X	$\Gamma(x)$
1,00	1,00000	1,25	0,90610	1,50	0,88623	1,75	0,91906
1,01	0,99433	1,26	0,90440	1,51	0,88659	1,76	0,92137
1,02	0,98884	1,27	0,90250	1,52	0,88704	1,77	0,92376
1,03	0,98355	1,28	0,90072	1,53	0,88757	1,78	0,92623
1,04	0,97844	1,29	0,89904	1,54	0,88818	1,79	0,92877
1,05	0,97350	1,30	0,89747	1,55	0,88887	1,80	0,93138
1,06	0,96874	1,31	0,89600	1,56	0,88964	1,81	0,93408
1,07	0,96415	1,32	0,89464	1,57	0,89049	1,82	0,93685
1,08	0,95973	1,33	0,89338	1,58	0,89142	1,83	0,93969
1,09	0,95546	1,34	0,89222	1,59	0,89243	1,84	0,94261
1,10	0,95135	1,35	0,89115	1,60	0,89352	1,85	0,94561
1,11	0,94740	1,36	0,89018	1,61	0,89488	1,86	0,94869
1,12	0,94359	1,37	0,88931	1,62	0,89592	1,87	0,95184
1,13	0,93993	1,38	0,88854	1,63	0,89724	1,88	0,95507
1,14	0,93642	1,39	0,88785	1,64	0,89864	1,89	0,95838
1,15	0,93304	1,40	0,88726	1,65	0,90012	1,90	0,96177
1,16	0,92980	1,41	0,88676	1,66	0,90167	1,91	0,96523
1,17	0,92670	1,42	0,88636	1,67	0,90330	1,92	0,96877
1,18	0,92373	1,43	0,88604	1,68	0,90500	1,93	0,97240

1,19	0,92089	1,44	0,88581	1,69	0,90678	1,94	0,97610
1,20	0,91817	1,45	0,88566	1,70	0,90864	1,95	0,97988
1,21	0,91558	1,46	0,88560	1,71	0,91057	1,96	0,98374
1,22	0,91311	1,47	0,88563	1,72	0,91258	1,97	0,98768
1,23	0,91075	1,48	0,88575	1,73	0,91467	1,98	0,99171
1,24	0,90852	1,49	0,88595	1,74	0,91683	1,99	0,99581
						2,00	1,00000

Приложение Г – Приведенная функция Лапласа

X	$\Phi_0(x)$	x	$\Phi_0(x)$	x	$\Phi_0(x)$	X	$\Phi_0(x)$
0,00	0,000	0,58	0,304	1,16	0,566	2,10	0,843
0,02	0,110	0,60	0,314	1,18	0,574	2,15	0,853
0,04	0,021	0,62	0,324	1,20	0,582	2,20	0,862
0,06	0,032	0,64	0,334	1,22	0,589	2,25	0,871
0,08	0,043	0,66	0,344	1,24	0,597	2,30	0,879
0,10	0,054	0,68	0,354	1,26	0,604	2,35	0,887
0,12	0,064	0,70	0,363	1,28	0,612	2,40	0,894
0,14	0,075	0,72	0,373	1,30	0,619	2,45	0,901
0,16	0,086	0,74	0,382	1,32	0,626	2,50	0,908
0,18	0,096	0,76	0,392	1,34	0,634	2,55	0,914
0,20	0,107	0,78	0,401	1,36	0,641	2,60	0,921
0,22	0,118	0,80	0,410	1,38	0,648	2,65	0,926
0,24	0,128	0,82	0,420	1,40	0,665	2,70	0,931
0,26	0,139	0,84	0,429	1,42	0,662	2,75	0,936
0,28	0,149	0,86	0,438	1,44	0,668	2,80	0,941
0,30	0,160	0,88	0,447	1,46	0,675	2,85	0,945
0,32	0,171	0,90	0,456	1,48	0,682	2,90	0,949
0,34	0,181	0,92	0,465	1,50	0,688	2,95	0,953
0,36	0,192	0,94	0,474	1,55	0,704	3,00	0,957
0,38	0,202	0,96	0,483	1,60	0,719	3,20	0,969
0,40	0,212	0,98	0,491	1,65	0,734	3,40	0,978
0,42	0,223	1,00	0,500	1,70	0,748	3,60	0,984
0,44	0,233	1,02	0,508	1,75	0,762	3,80	0,989
0,46	0,244	1,04	0,516	1,80	0,775	4,00	0,993
0,48	0,259	1,06	0,525	1,85	0,787	4,20	0,995
0,50	0,264	1,08	0,534	1,90	0,800	4,40	0,997
0,52	0,274	1,10	0,542	1,95	0,811	4,60	0,998
0,54	0,284	1,12	0,550	2,00	0,822	4,80	0,999
0,54	0,294	1,14	0,558	2,05	0,833	5,00	0,999

Приложение Д – Годовая норма отчислений на ТО и ТР машин и оборудования

Наименование машин и оборудования	Годовая норма отчислений, (%) от балансовой стоимости
Зерноочистительные машины	6,0
Машины и оборудование для животноводства:	
- сезонного использования	14,0
- круглогодичного использования	18,0
- навозоуборочные транспортеры (кроме ТСН-160)	22,0
- то же (ТСН-160)	18,0
Электродвигатели	8,5
Средства автоматизации, светильники	5,0
Электропроводка	3,5
Здания кирпичные	2,0
Здания деревянные	3,2

Приложение Е – Годовые нормы амортизационных отчислений на сельскохозяйственные машины и электротехническое оборудование

Наименование машин и оборудования	Общая норма	в т. ч.	
		На восстановление	На капитальный ремонт
Передвижные насосные станции	17,9	11,1	6,8
Машины зерноочистительные, зерносушилки, оборудование зерноочистительных агрегатов и зерноочистительно-сушильных комплексов, воздухоподогреватели, бункера активного вентилирования	11,1	11,1	---
Дождевальные машины типа «Кубань»	8,3	8,3	---
Дождевальные машины типа «Фрегат»	10,0	10,0	---
Дальнеструйные дождевальные машины, дождевальные машины типа «Волжанка» и «Днепр», поливные агрегаты	12,5	12,5	---
Зернопогрузчики, зернометатели, картофелесортировальные пункты, машины для очистки и мойки овощей, для сортировки помидоров и огурцов	14,2	14,2	---
Башни водонапорные металлические	4,9	4,0	0,9

Загрузчики и бункера сухих кормов, резервуары-охладители молока, холодильные установки, комплекты машин и оборудования птичника для клеточного содержания и выращивания птицы, яйцесортировочные машины, машины для мойки яиц, овоскопы, инкубаторы	12,5	12,5	---
Агрегаты для приготовления травяной муки, тележки универсальные ручные, доильные установки и агрегаты стационарные, машины и оборудование для овцеводческих ферм, оборудование для создания микроклимата станочно-стойловое оборудование для скота	14,2	14,2	---
Установки для искусственного досушивания сена, оборудование для гранулирования и брикетирования кормов; установки для выпойки телят, водораздатчики, автопоилки, раздатчики кормов прицепные, распределители-разгрузчики башен; транспортеры ступенчатые, пневматические, шнековые и скребковые для кормоцехов, для выгрузки силоса и корнеплодов; смесители и запарники кормов, агрегаты для приготовления кормосмесей, питатели-дозаторы, измельчители и дробилки кормов, агрегаты приготовления заменителя молока, комплекты оборудования комбикормовых цехов; доильные установки передвижные, установки и агрегаты для очистки, пастеризации и охлаждения молока, насосы молочные, электростригальные агрегаты, водонагреватели электрические	16,6	16,6	---
Погрузчики-измельчители силоса, фуражеры, раздатчики-смесители кормов свиноводческих ферм, раздатчики, погрузчики навоза, установки для перекачки навозной жижи, транспортеры для уборки навоза типа ТСН-160, теплогенераторы, котлы-парообразователи, установки пароводяные, электроизгородь универсальные	20,0	20,0	---
Транспортеры и установки для уборки навоза (кроме типа ТСН-160)	25,0	25,0	---
Танки-термосы для хранения молока	10,0	10,0	---
Комплекты оборудования одно- и двух ярусных клеточных батарей для кур несушек, комплекты оборудования для содержания родительского стада индеек	12,5	12,5	---
Аппараты доильные М-66, агрегаты вакуумные, кормораздатчики типа КСА-5, оборудования для переработки птичьего помета	14,2	14,2	---
Установки автоматизированные для выпойки телят, кормораздатчики типа КПСК-100	16,6	16,6	---
Колесные трактора типа МТЗ-80, МТЗ-82, ЮМЗ-6	15,0	10,0	5,0
Колесные трактора типа Т-25	17,0	14,3	2,7
Здания деревянные	7,0	5,0	2,0

Здания каменные, кирпичные	4,7	2,5	2,2
Электродвигатели мощностью до 100 кВт	12,6	9,5	3,1
Электродвигатели мощностью свыше 100 кВт	8,1	5,3	2,8
Силовое электротехническое оборудование и распределительные устройства	6,4	3,5	2,9
Электроизмерительные приборы и устройства общего и специального назначения	13,4	11,6	1,8
Аппаратура автоматизации процессов производственных	22,0	17,5	4,5
Лабораторное оборудование и приборы	20,0	20,0	---
Приборы для контроля и регулирования технологических процессов	15,0	13,0	2,0
Машины электронные цифровые, вычислительные	12,0	10,0	2,0

Приложение Ж – Нормативы единовременных затрат на транспортировку, установку и монтаж оборудования

Вид оборудования	Норматив затрат, (%) от цены	
	На транспортировку	На установку и монтаж
Станочное оборудование	4,0	6,0
Научные и аналитические приборы	4,0	5,0 ... 10,0
Средства автоматизации	4,0...6,0	20,0 ... 50,0
РЭА	2,0...4,0	5,0 ... 10,0

Стоимость 1 м² производственной площади 2 ... 5 тыс. руб./м²; стоимость проекта 3% от стоимости оборудования, норматив затрат на текущие ремонты 2 ... 6% от стоимости оборудования.

Приложение И – Материальный ущерб от простоя технологического оборудования (данные на 01. 01. 98)

Технологический ущерб на МТФ и комплексах, руб. на одно животное за 1 ч простоя оборудования

Технологические процессы	Среднесуточная продуктивность, кг						
	До 5,0	5,1-7,0	7,1-10,0	10,1-12,0	12,1-18,0	18,1-22,0	Свыше 22
Доение	1,28	1,79	2,47	3,13	3,74	4,51	5,53
Поение	0,68	1,02	1,45	1,70	2,13	2,55	3,15
Кормление	0,51	0,77	1,11	1,28	1,70	1,96	2,38
Первичная обработка молока	0,6	0,55	1,19	1,45	1,87	2,21	2,72
Обеспечение требуемого микроклимата	0,34	0,51	0,85	0,85	1,11	1,28	1,62

Технологический ущерб на фермах и комплексах по откорму молодняка КРС, руб. на животное за час простоя электрооборудования.

Технологические процессы	Среднесуточный привес, кг							
	До 0,60	0,61-0,65	0,66-0,70	0,71-0,75	0,76-0,80	0,81-0,85	0,86-0,90	Свыше 0,90
Кормление	0,187	0,204	0,221	0,238	0,264	0,281	0,296	0,315
Поение	0,238	0,255	0,272	0,297	0,332	0,357	0,374	0,391
Обеспечение требуемого микроклимата	0,153	0,170	0,187	0,196	0,221	0,238	0,247	0,264

Технологический ущерб (при простое всех электрифицированных процессов) за 1 час простоя, руб./гол

Птицефабрики яичного направления на 100 тыс. и более кур-несушек	11,05
Птицефабрики мясного направления 1 млн. и более бройлеров в год	0,255
Теплицы весенние, парники	0,314
Теплицы зимние	0,314

Приложение К – Продолжительность простоя технологических процессов

Предприятия	Технологический процесс	Допустимое время простоя, ч
Молочные	Доение	1,5
	Поение	3,0
	Кормление	3,0
	Обеспечение требуемого микроклимата	3,5
	Первичная обработка молока	3,0
	Удаление навоза	8,0
По откорму крупного рогатого скота	Кормление	3,5
	Поение	3,0
	Обеспечение требуемого микроклимата	3,5
	Удаление навоза	8,0
Свиноводческие (откорм свиней)	Кормление	4,0
	Поение	3,0
	Обеспечение требуемого микроклимата при температуре наружного воздуха, °С	6,0
	0...+12	3,0
	+13...+20	---
	-20...-1	8,0

	Удаление навоза	
Приготовление кормов	Приготовление витаминной муки	3,5
Закрытого грунта	Обеспечение микроклимата при температуре наружного воздуха, °C -35...-20 -15...-5 0	4 / 7* 7 / 12 9 / -

* В числителе приведены данные при выращивании огурцов и томатов, в знаменателе – зелени.

Приложение Л – Технические данные трансформаторов типа ТМ и ТМН напряжением 6 ... 35/(0,4 ... 10) кВ

Тип Трансформатора	Номинальная мощность, кВ·А	Сочетание напряжений, кВ		Группа соединения	Потери холостого хода, Вт	Потери короткого замыкания, Вт
		ВН	НН			
ТМ	25	6; 10	0,4	10; 11	130	600 – 690
	40			0; 11	175	880 – 1000
	63			0; 11	240	1280 – 1470
	100			0; 11	330	1970 – 2270
ТМ; ТМФ	160	6; 10	0,4	0; 11	510	2650 – 3100
ТМ		35	0,4	0; 11	620	2650 – 3100
ТМ; ТМФ	250	6; 10	0,4	0; 11	740	3700 – 4200
ТМ	250	35	0,4	0; 11	900	3700 – 4200
ТМ; ТМФ; ТМН	400	6; 10	0,4	0; 11	950	5500 – 5900
ТМ; ТМН		35	0,4	0; 11	1200	5500 – 5900
ТМ; ТМН; ТМФ	630	6; 10	0,4	0; 11	1300	7600 – 8500
ТМ; ТМН		35	0,4; 6,3	0; 11	1600	7600
ТМ	1000	20; 35	6,3; 10,5	11	2750	12200
	1600				3650	18000
	2500				6800	25000
	4000			11	9500	33500
	6300				13500	46500

ТМН	1000	35	6,3; 11	11	2750	11600
	1600				3650	16500
	2500				5100	23500
	4000			11	6700	33500
	6300				9400	46500

Приложение М – Нормы удельных единиц по обслуживанию и ППР электротехнического оборудования и сооружений

Вид оборудования (элементов сети)	Единица измерения	Норма усл. ед. на единицу измерения.
<i>Воздушные и кабельные ЛЭП</i>		
ВЛ 35...110 кВ на ж/б одноцепных опорах	1 км	2,1
ВЛ 35...110 на деревянных опорах	1 км	3,2
ВЛ 10 (6) на ж/б опорах	1 км	1,7
ВЛ 10 (6) на деревянных опорах	1 км	2,6
ВЛ 0,38 кВ на ж/б опорах	1 км	2,3
ВЛ 0,38 кВ на деревянных опорах	1 км	3,5
Кабельные линии:		
- 10 кВ	1 км	7,4
- 0,38 кВ	1 км	5,6
Вводные кабельные устройства	1 устр.	0,09
<i>Подстанции</i>		
Силовые трансформаторы:		
- 110 кВ	1 шт	70,8
- 35 кВ	1 шт	19,3
Одно присоединение с масляным выключателем и двумя-тремя разъединителями напряжением 110 кВ	1 прис.	48,7
то же, на 35 кВ	1 прис.	32,2
то же, на 10 кВ	1 прис.	16,3
Одно присоединение с отделителем и короткозамыкателем на 110 кВ	1 прис.	32,2
то же, на 35 кВ	1 прис.	19,3
то же, на 10 кВ	1 прис.	6,4
Батарея статических конденсаторов	1 шт.	0,4
Подстанции:		
35/0,4	1 шт.	5,6
10/0,4 однострансформаторная	1 шт.	4,0
10/0,4 двухтрансформаторная	1 шт.	5,1

<i>Электроприводы</i>		
Электроприводы стационарных и передвижных сельскохозяйственных машин и установок с электродвигателем до 10 кВ	1 двиг. (1 прис.)	0,5
то же, с электродвигателем от 10 до 20 кВт	1 прис.	0,6
то же с электродвигателем выше 20 кВт	1 прис.	0,7
Электроприводы, снабженные приборами автоматического управления с электродвигателем мощностью до 10 кВ	1 шт.	0,7
Электроприводы, снабженные приборами автоматического управления с ЭД 10 кВт и выше	1 шт.	1,0
Распределительные пункты, силовые сборки, щиты управления напряжением до 1 кВ	1 шт.	0,5
<i>Электропроводки и светильники</i>		
Светильники для облучения растений и животных	1 прис.	0,5
Внутренние силовые и осветительные электропроводки в производственных помещениях	100 м ²	0,5
то же, в общественных, культурно-бытовых и лечебных помещениях	50 м ²	0,2
то же, в сельских домах, включая обслуживание вводного устройства	1 дом	0,1
<i>Прочие электроустановки</i>		
Сварочные трансформаторы	1 устр.	0,5
Трансформаторы безопасности	1 прис.	0,3
Сварочные преобразователи	1 прис.	1,0
Водоэлектроподогреватели	1 прис.	0,5
Электрокалориферы мощностью до 40 кВт	1 устр.	1,0
То же, мощностью свыше 40 кВт	1 устр.	1,5
Электродные котлы	1 устр.	3,0
Электрический обогрев полов в животноводческих помещениях	50 м ²	0,1
Электроподогрев парникового хозяйства	20 парниковых рам	0,5

Приложение Н – Годовые нормы амортизационных отчислений по элементам электрических сетей сельскохозяйственного назначения

Элементы электрических сетей	Амортизационные отчисления, (%) в том числе:		
	Общая норма	На капитальный ремонт	На полное восстановление
1. ВЛ 35-110 кВ на железобетонных и металлических опорах	2,4	0,4	2,0
2. ВЛ 35-110 кВ на деревянных опорах из пропитанной древесины	4,9	1,6	3,3
3. ВЛ 0,38-10 кВ на железобетонных опорах	3,6	0,6	3,0
4. ВЛ 0,38-10 кВ на деревянных опорах из пропитанной древесины	5,7	1,7	4,0
5. Силовое электротехническое оборудование и распределительные устройства подстанций 110, 35 и 10 кВ	6,4	2,9	3,5
6. Кабельные ЛЭП со свинцовой оболочкой напряжением до 10 кВ:			
- проложенные в земле,	2,3	0,3	2,0
- проложенные в помещениях	2,3	0,3	2,0
7. Кабельные ЛЭП с алюминиевой оболочкой напряжением до 10 кВ:			
- проложенные в земле	4,3	0,3	4,0
- проложенные в помещениях	2,3	0,3	2,0
8. Кабельные ЛЭП с пластмассовой оболочкой напряжением до 10 кВ:			
- проложенные в земле	5,3	0,3	5,0
- проложенные в помещениях	5,3	0,3	5,0
9. Кабельные ЛЭП со свинцовой оболочкой напряжением 20-35 кВ:			
- проложенные в земле и в помещениях	3,4	0,4	3,0
- проложенные под водой	5,8	0,8	5,0

Приложение О – Коэффициенты перевода электротехнического оборудования в условные единицы

Наименование электротехнического оборудования	Переводные коэффициенты
1. Линии электропередачи воздушные (на 1 км)	
до 1 кВ	3,93
свыше 1 кВ	3,00
2. Кабельные линии (на 1 км)	
до 1 кВ	1,29
свыше 1 кВ	1,90

3. Электростанции дизельные (на 1 агрегат) ¹ менее 100 кВт 100 – 300 кВт свыше 300 кВт	10,00 20,00 30,00
4. Трансформаторные подстанции (на одну подстанцию) с одним трансформатором с двумя трансформаторами	2,50 3,50
5. Электропривод с асинхронными электродвигателями (на один электродвигатель с электропроводкой и аппаратурой управления, контроля и защиты) ²	
5.1 В сухих и влажных помещениях до 1 кВт 1,1...10 кВт 10,0...40 кВт свыше 40 кВт	0,44 0,61 0,72 0,92
5.2 В сырых и пыльных помещениях до 1 кВт 1,1...10 кВт 10,1...40 кВт свыше 40 кВт	0,67 0,92 1,13 1,38
5.3 В особо сырых и с химически активной средой помещениях до 1 кВт 1,1...10 кВт 10,1...40 кВт свыше 40 кВт	0,88 1,28 1,55 1,80
5.4 В открытых установках до 1 кВт 1,1...10 кВт 10,1...40 кВт свыше 40 кВт	1,07 1,52 1,84 2,24
6. Электрохимические установки (на одну установку с электропроводкой и аппаратурой управления, контроля и защиты) ³	
6.1. Электроводонагреватели: электродные водогрейные до 100 кВт 101 ... 160 кВт свыше 160 кВт электродные паровые котлы до 160 кВт свыше 160 кВт	3,22 4,12 5,52 5,54 6,23
6.2. Электроводонагреватели с трубчатыми нагревательными элементами до 200 л. 201 ... 400 л. 401 ... 800 л свыше 800 л	1,09 1,66 2,64 3,49
6.3. Электроводонагреватели бытовые емкостью 6 ... 100 л.	0,98

6.4. Электроплиты стационарные напольные типа «Томь» (на одну электроплитку с электропроводкой и аппаратурой управления, контроля и защиты)	0,25
6.5. Электроплиты стационарные других типов (на 1 кВт установленной мощности плиты)	0,25
6.6. Электрокалориферы (на одну установку до 40 кВт с воздухо-нагревателем, электроприводом вентилятора 41 ... 60 кВт, электропроводкой и аппаратурой управления, контроля и защиты свыше 60	0,05
6.7. Электровулканизаторы (на одну установку с электропроводкой и аппаратурой управления, контроля и защиты)	0,29
6.8. Сушильные шкафы электрические	0,53
6.9. Дистольторы электрические	0,90
6.10. Электрообогреваемые коврики и панели (на один 1 коврик или одну панель с электропроводкой и аппаратурой управления, контроля и защиты)	0,15
6.11. Устройства электрообогрева полов в животноводческих помещениях (на 100 м ² помещения, включая не обогреваемые проходы и тамбуры) ⁵	0,73
6.12. Устройства электрообогрева почвы в теплицах и парниках (на 100 м ² обогреваемых теплиц или парников с электропроводкой и аппаратурой управления, контроля и защиты)	0,80
7. Сварочные установки (на одну установку с электропроводкой и аппаратурой управления, контроля и защиты) Генераторы сварочные до 300 А свыше 300 А Трансформаторы сварочные до 300 А свыше 300 А Преобразователи сварочные до 300 А свыше 300 А	2,88 3,26 0,99 1,24 1,90 2,41
8. Выпрямители зарядные (на одну установку с электропроводкой и аппаратурой управления, контроля и защиты): без автоматической стабилизации режима заряда с автоматической стабилизацией режима заряда	0,53 1,80
9. Конденсаторные батареи компенсации реактивной мощности	1,84
10. Электроосветительные установки и светильники(на 10 светильников с электропроводкой и аппаратурой управления, контроля и защиты)	
10.1. В сухих и влажных помещениях с 1 ... 2 лампами накаливания с 3 ... 6 лампами накаливания с 1 ... 2 люминесцентными лампами с 3 ... 6 люминесцентными лампами	0,65 0,99 0,86 1,41
10.2. В сырых и пыльных помещениях с лампами накаливания с люминесцентными лампами с дуговыми лампами высокого давления	0,91 1,74 1,03

10.3. В особо сырых и с химически активной средой помещениях с лампами накаливания	1,40
с люминесцентными лампами	2,07
с дуговыми лампами высокого давления	1,56
10.4. Наружное освещение (на 10 светильников с электропроводкой и аппаратурой управления, контроля и защиты)	
с лампами накаливания	1,35
с дуговыми лампами высокого давления	1,56
11. Облучательные установки (на 10 облучателей с электропроводкой и аппаратурой управления, контроля и защиты)	
инфракрасного излучения	0,97
ультрафиолетового излучения	1,65
комбинированные	2,43
12. Щиты автоматики с количеством реле (контакторов) более 5 штук, транзисторов (тиристоров) более 10 штук (на одно наименова- ние) ⁶	0,04
реле и контакторы	0,01
транзисторы, тиристоры	0,02
микросхемы	0,02
электронные лампы	1,01
13. Электроизгороди (на одну установку с электропроводкой и аппа- ратурой управления, контроля и защиты)	0,50
14. Ящики учета электроэнергии (на один ящик с электропроводкой и аппаратурой управления, контроля и защиты)	0,30
15. Электропроводки жилых домов ⁷	
многоквартирных (на одну квартиру)	0,10
усадебного типа (на один дом)	0,15
17. Мелкомонтажные работы (на 100 усл. ед. электрооборудования)	15,00

¹ Для агрегатов, находящихся в холодном резерве, трудоемкость умножается на коэффициент 0,15.

² Указанная трудоемкость в условных единицах приведена для случаев работы двигателей в течение 6 ... 10 часов в сутки. При использовании двигателей менее 6 часов условные единицы умножаются на коэффициент 0,85, а при работе более 10 часов в сутки - на коэффициент 1,2.

³ Указанное число условных единиц относится только к электрооборудованию. Трудоемкость обслуживания трубопроводов, водяной и паровой арматуры должна учитываться дополнительно. Электропривод подкачивающих насосов учитывается отдельно.

⁴ Трудоемкость обслуживания вентилятора и воздухопроводов учитывается дополнительно.

⁵ Условными единицами учтены нагревательные провода, выравнивание потенциалов, электропроводка, аппаратура управления, контроля и защиты.

⁶ Щиты управления, содержащие до 5 реле (контакторов), до 10 транзисторов (тиристоров) учтены в условных единицах вышеперечисленных электропотребителей

⁷ В число условных единиц включены вводные щиты и квартирная электропроводка

ПРИМЕЧАНИЕ.

Условные единицы электротехнического оборудования

1. Учитывают трудозатраты на выполнение плановых технических обслуживания и текущих ремонтов, оперативное обслуживание, затраты времени на подготовку рабочих мест и необходимые переезды (переходы) к ним.
2. При использовании электрооборудования в течение года менее 4 месяцев следует применять коэффициент 0,7.
3. Перечисленные условные единицы учитывают наличие в электроустановках вводных и распределительных щитов, заземляющих устройств, измерительных приборов, устройств защиты и сигнализации.
4. Условные единицы трудоемкости обслуживания работающих дизельных электростанций не учитывают работы дежурного машиниста.
5. При определении штатов ИТР для учета рассредоточенности электрооборудования по территории хозяйства суммарные трудозатраты в условных единицах необходимо умножать на коэффициент 1,15.

Приложение II – Укрупненные (интегральные) показатели трудоемкости и периодичности технического обслуживания и текущего ремонта электрооборудования машин и механизмов

Наименование машин	Трудоемкость, технического обслуживания, чел.-ч.	Трудоемкость текущего ремонта, чел.-ч.	Периодичность технического обслуживания, мес.
транспортёр СТ-2,0	0,85	4,5	1
Укладчик грубых кормов УГК-5	0,96	4,7	1
Транспортер корнеклубнеплодов ТК-5	1,7	9,6	1
Транспортер корнеклубнеплодов ТК-5Б	1,7	9,6	1
Транспортер ковшовый ТК-3	1,6	4,5	3
Транспортер-питатель, скребковый ТПК-6	1,7	9,4	1
Транспортер тюков ТТ-4	3,8	28,5	1
Транспортер скребковый ТС-40С	1,0	5,6	1
Транспортер скребковый ТС-40М	0,6	2,9	1
Транспортер скребковый ТДС-10	0,8	4,7	1
Транспортер-загрузчик АПС-6,0	1,0	5,0	1
Транспортер кормов ступенчатый ТКС-6	2,8	12,7	1
Транспортер для подачи корнеклубнеплодов ГПК - 5/10	2,8	3,2	3
Транспортер пневматический эжекторный ТПЭ-10-А	1,5	7,6	1
Разгрузчик башен верхний РБВ-6	1,0	3,8	1
Транспортер-загрузчик пневматический ТЗБ-30	4,5	16,5	1
Распределитель массы в башне РМ6-8,15	1,3	6,7	1
Транспортер пневматический передвижной ТПП-30	3,4	13,4	1
Распределитель-выгрузчик сенажа РВС-9,15	5,4	18,7	1
Оборудование загрузки-выгрузки ОЗВ-1	88,7	133,5	3
Измельчитель грубых кормов ИГК-30Б	2,0	14,8	1
Соломосилосорезка РСС-6Б	1,5	7,4	1
Измельчитель грубых кормов ФГФ-120М	6,4	33,4	1
Измельчитель ИКМа-15	2,4	15,4	1
Измельчитель корнеплодов ИКС-5М	2,2	9,9	1
Кормоизмельчитель «Волгарь-5»	1,5	6,4	1

Кормоизмельчитель «Волгорь-5А»	2,4	9,5	1
Мойка-корнерезка МРК-5	0,9	4,9	1
Корнерезка КПН-4	1,1	5,0	1
Универсальная дробилка кормов КДУ-2,0	1,6	10,0	1
Универсальная дробилка кормов ДКУ-1,0	1,7	10,1	1
Дробилка кормов Ф-1М	2,8	11,6	3
Дробилка безрешетная ДБ-5	5,2	36,0	1
Аппаратура регулятора загрузки	0,24	3,6	1
Измельчитель - камнеуловитель ИКМ-5	3,9	17,4	1
Кормоприготовительный агрегат КН-3	1,3	6,1	1
Дробилка - измельчитель ДИС-1М-1	3,8	7,8	3
Дробилка-измельчитель ДИС-1М-2	7,3	13,3	3
Варочный котел ВК-1	2,7	12,0	1
Варочный котел-смеситель ВКС-3М	1,0	6,0	1
Питатель-дозатор травяной муки ПСМ-10	1,5	3,7	3
Агрегат для приготовления кормовых смесей АПС-6,0	5,5	33,5	1
Смеситель-запарник С-2	3,9	18,2	1
Смеситель мелассы СМ-1,7	1,7	8,5	1
Смеситель С-3	4,7	18,8	1
Смеситель С-7	4,4	17,5	1
Смеситель С-12	2,8	11,6	1
Агрегат картофелезапарочный АЗК-3	16,5	50,0	1
Запарник ЗПК-4	2,4	14,5	1
Агрегат приготовления кормосмесей АПК-10А	6,2	37,1	1
Транспортер ТВК-80А	2,7	4,5	3
Транспортер-30Б	3,3	4,8	3
Раздатчик кормов РКУ-200	8,2	16,1	3
Кормораздатчик РС-5А	1,7	6,4	1
Кормораздатчик КС-0,4	1,8	3,2	3
Кормораздатчик мобильный электрифицированный КС-1,5	3,6	14,6	1
Кормораздатчик однорядный РКС-300М-1	5,8	12,0	3
Кормораздатчик двухрядный РКС-300М-11	9,4	23,2	3
Кормораздатчик ленточный односторонний КЛО-75	4,5	4,8	3
Раздатчик кормов стационарный РК-60	9,2	13,8	3
Автоматический раздатчик кормов РКМ-2000	17	32,1	3
Кормораздатчик шайбовый КШ-0,5	20,7	44,9	3
Унифицированный кормораздатчик ТРК-100	4,4	8,1	3
Транспортер ТСН-2Б	0,7	6,6	1
Транспортер скребковый ТСН-3,0Б	1,45	7,8	1
Транспортер скребковый ТС-1	2,4	7,45	1
Транспортер скребковый ТС-1А	4,9	14,9	1
Транспортер скребковый навозоуборочный ТСН-160	1,8	8,5	1
Установка для уборки навоза УН-3	1,00	9,7	1
Установка для транспортирования навоза УТН-10	2,4	8,8	1

Насос шнековый НШ-50-1	1,0	5,6	1
Установка насосная УН-1	2,5	1	1
Навозопогрузчик ковшовый НПК-30	1,1	5,7	1
Установка скреперная УСН-8	1,8	5,8	1
Установки скреперные УС-10, УС-12, УС-15	0,9	3,8	1
Комплект "Климат-4"	18,3	47,7	3
Комплект "Климат-2"	41,8	109,9	3
Приточно-вытяжная установка ПВУ4-6	13,0	37,0	3
Приточно-вытяжная установка ПВУ6-6	12,7	41,9	3
Приточно-вытяжная установка ПВУ9-6	13,2	37,3	3
Резервуар-охладитель молока ТОВ-1	5,2	17,9	3
Резервуар-охладитель молока ТО-2	7,4	24,5	3
Резервуар-охладитель молока ТОМ-2А	9,7	31,7	3
Резервуар-охладитель молока М-1200	4,3	25,8	1
Установка для охлаждения молока МКА-2000Л-2	8,9	33,6	3
Холодильная установка МХУ-8С	4,8	20,0	3
Холодильная установка ХМФУ-40П	14,4	48,4	3
Холодильная машина НФ-56М	1,3	4,4	3
Холодильная машина МВВ41-2	3,9	13,2	3
Очиститель-охладитель молока ОМ-1	2,2	15,9	1
Молочный сепаратор Г9-ОСП	1,2	8,0	1
Молочный сепаратор Г9-ОМА	0,9	8,0	1
Молочный сепаратор Г9-ОМ-4А	1,4	8,3	1
Молочный сепаратор Г9-СОМ-3-1000М	1,2	7,3	1
Автоматизированная пластинчатая охлажда- тельная установка ООУ-М,ООТ-М	4,0	11,1	3
Автоматизированная пластинчатая пастеризационно-охладительная установка ОП-2-У5	17,1	53,0	3
Установка пастеризационно-охладительная для молока ОПФ-1-300	4,3	32,3	1
Ванны длительной пастеризации Г6-ОПА- 600, Г6-ОПБ-1000	7,1	16,5	3
Резервуар-охладитель РМГЦ-6	8,7	23,7	3
Резервуар-охладитель РМГЦ-6	1,1	5,14	1
Машина холодильная МВТ14-1-0	7,3	17,1	3
Машина холодильная МВТ20-1-0	7,6	17,8	3
Установка водоохлаждающая АВ-30	9,8	30,6	3
Установка доильная УДЕ-8 «Елочка»	15,0	59,2	3
Установка доильная УДТ-6 «Тандем»	14,9	55,4	3
Установка доильная автоматизированная УДА-8 «Тандем»	10,5	51,9	3
Установка доильная УДА-16 «Елочка»	10,7	53,9	3
Зерноочистительный агрегат ЗАР-10 (со шка- фом управления ШАИ5 18-13А3)	6,8	35,8	3
Зерноочистительный агрегат ЗАР-5 (со шка- фом управления ШАИ 937-23А3)	12,8	64,2	3
Зерноочистительный агрегат ЗАР-40 (со шка- фом управления ШАИ 920-23Б3)	13,3	73,6	3

Зерноочистительный сушильный комплекс КЗС-10 (со шкафом управления ШАП5907-23А3)	15,0	74,5	3
Зерноочистительный сушильный комплекс КЗС-40(со шкафом управления ШАП5938-23А3)	19,7	101,2	3
Зерноочистительный агрегат КЗР-5 (со шкафом управления ШАП5928-13А3)	14,0	71,4	3
Зерноочистительный сушильный комплекс КЗС-10 (со шкафом управления ШАП5909)	9,1	49,1	3
Зерноочистительный сушильный комплекс КЗС-20 (со шкафом управления ШАП5924-23Б3)	13,0	55,5	3
Зерноочистительный сушильный комплекс КЗС-10 (со шкафом управления ШАП5922-13Б3)	9,0	44,3	3
Зерноочистительный сушильный агрегат ЗАВ-20	14,3	72,3	3
Зерноочистительный сушильный комплекс КЗС-20 (со шкафом управления ШАИ5911-33А3)	18,8	93,0	3
Зерноочистительный сушильный комплекс КЗС-20 (со шкафом управления ШАП5915-43А3)	17,8	104,8	3
Комплект оборудования кормоцехов ОКЦ-30	35,5	185,9	3
Комплект оборудования кормоцехов ОКЦ-15	31,7	168,3	3
Оборудование для гранулирования травяной муки ОГМ-0,8	13,0	81,3	3
Оборудование для гранулирования травяной муки ОГМ-0,8А	15,9	93,7	3
Оборудование для гранулирования травяной муки ОГМ-1,5	14,8	73,9	3
Кормоцех «Маяк-6»	40,4	257,9	3
Комплект оборудования для приготовления витаминизированной травяной муки АВМ-1,5	18,5	88,8	3
Комплект оборудования для приготовления витаминизированной травяной муки АВМ-0,65	21,3	130,0	3
Комплект оборудования для приготовления витаминизированной травяной муки АВМ-0,4	17,1	97,9	3
Оборудование для гранулирования комбикормов ОГК-3	16,6	92,3	3

Приложение Р – Теплотворная способность различных видов топлива

Наименование топлива	Место добычи	Теплотворная способность (кал/кг, газ, ккал/м ³)
1. Хорошо сыпучие угли	Экибастузкий	4510
	Назаровский	3200
	Азейский	4040
2. Среднесыпучие угли	Экибастузкий	4120
	Назаровский	3110
	Азейский	4310
	Донецкий	4990
	Кузнецкий	5720
	Ангренский	3400
3. Плохосыпучие угли	Башкирский	2170
	Кузнецкий	4550
	Сахалинский	4140
	Подмосковный	2360
4. Торф	Райчихинский	3040
	Башкирский	2100
5. Торф	В целом по Росторфу	1940
6. Торф	Ленинградсланец	1830
7. Масло сланцевое топливное		9300
8. Мазут		9500 – 9700
9. Печное топливо		10150
9. Дизельное топливо		10180
10. Природный газ	<u>Газопроводы:</u>	
	Брянск - Москва	8910
	Дашава - Киев	8570
	Карабулак - Грозный	10950
	Коробки - Камышин	9900
	Оренбург-Совхозное	9080
	Саратов-Москва	8550
	Серпухов –С.Петербург	8940
	Ставрополь - Москва	8730
	Шебелина – Москва	9045
	<u>Месторождения:</u>	
	Астраханское	6890
	Оренбургское	8630
	Урожайское	7900
Медвежье	11060	
11. Попутные газы	Башнефтегаз	10280
	Грознефть	11230
	Краснодарнефть	9140
	Самаранефть	11220
	Пермьнефть	10120
12. Газ коксовых печей		4050
13. Условное топливо		7000

Приложение С – Коэффициенты перевода теплотехнического оборудования в условные единицы

<u>Наименование теплотехнического оборудования</u>	<u>Переводные Коэффициенты</u>
<u>КОТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ</u>	
ЗК-1МА	15,0/-
КМ-1300	20,3/25,3
КМ-1600	25,3/33,0
МЗК-2Г,КВ-300М,КВ-300МТ, КВ-300У, КМ-2500	27,9/35,3
Энергия-6, ММЗ-0,8/9, КТ-500	37,7/45,5
Универсал-6, Д-721А, Е-1/9М	42,7/53,0
КЖ-1500, КГ-1500	52,8/-
ДКВР-2,5-13	75,4/95,8
ДКВР-4-13	95,8/120,8
ДКВР-6,5-13, ТВГ-4	111,6/141,3
ДКВР-10-13, ТВГ-8	128,3/154,5
ДКВР-20-13	171,9/205,1
ПТВМ-30, ТВГВ-30, КВ-ТСВ	293,7/341,6
ПТВМ-50	409,8/475,5
<u>КОТЕЛЬНО-ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ</u>	
Топки механические	23,3
Топки полумеханические	6,4
Механические решетки	15,8
Мельницы молотковые для угля	16,9
Дробилки молотковые для угля	8,5
Механизированная система шлакоудаления	5,4
Мазутное хозяйство	13,9
Система химической водоочистки	7,2
Циклоны и скрубберы	2,4
Бойлеры	3,8
Горелки пылеугольные	1,7
Деаэраторы в комплекте	8,6
<u>ПРОЧЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ</u>	
Тепловые пункты в комплекте	6,2
Водопровод холодной и горячей воды,	3,2
Паропровод на 1000 м длины с арматурой	3,2
Воздуховод на 1000 м длины	1,0
Теплогенераторы всех типов	7,6
Вентиляторы	0,7
Вентиляторы с калорифером	1,5
Компрессоры	7,0
Насосы	4,8
Холодильные машины	
ОТ-10 (УВ-10)	6,7
МХУ-8С,МВТ-14-1-0, ОТ-20 (МВТ-20-1-0), ОТ-30	12,9
ХМ-АУ-45, ХМ-АВ-22, ХМ-АУУ-90	27,9

ПРИМЕЧАНИЕ.

1. В разделе «Котельное оборудование» цифры в числителе даны при работе котлов на жидком и газообразном, а в знаменателе - на твердом топливе.

2. Условные единицы учитывают те операции, которые выполняются ремонтной службой хозяйств или специализированных предприятий. Ежедневные работы, входящие в обязанности операторов (кочегаров), состоящих, как правило, в штатном персонале ферм и различных производственных участков, должны быть учтены при формировании структур и штатов соответствующих подразделений.

Приложение Т – Нормы расхода электроэнергии

Нормы представленных в виде удельных показателей годового расхода электроэнергии на единицу измерения. Для удобства пользования принято:

в животноводстве 1 гол. скота. При производственном цикле менее года (комплексы по откорму свиней, птицы и др.) – 1 скотоместо (птицесто). Например, для птицефабрик яичного направления принята 1 несушка, для бройлерного - 1 бройлер; в теплицах - 1 м², для орошения 1 га площади в перерабатывающих предприятиях - единица массы обрабатываемого продукта (сырья).

На основе норм для отдельных объектов разработаны групповые (средневзвешенные) нормы по регионам страны.

Предлагаемые нормы могут быть использованы для определения: электроемкости (прямых затрат электроэнергии в рассматриваемом производстве) производимого продукта. Для этого норму на 1 гол. скота следует разделить на среднегодовую продуктивность, например, для молочных ферм (комплексов) - на среднегодовой удой, для ферм и комплексов по откорму крупного рогатого скота, свиней, птицы - на годовой привес в расчете на 1 гол, (скотоместо), для птицефабрик яичного направления - на среднегодовую яйценоскость несушки и т.д.

Нормы даны для 100% уровня электрификации.

Таблица Т1 – Групповые нормы расхода электроэнергии (кВт·ч/(гол.год)) в свиноводстве (Центральный район)

Процесс	При 100%-ном уровне электрификации
<i>Комплексы</i>	
Кормоприготовление и кормораздача, Н ₁	16,5
Навозоудаление Н ₂	4,3
Облучение молока Н ₃	8,4
Вентиляция в помещениях с животными (без электроподогрева воздуха) Н ₄	68,8
Поение животных Н ₅	2,9

Технологическая норма	101
Освещение Н ₆	9,6
Прочие процессы, не входящие в технологическую норму Н ₇	3,4
Вентиляция в помещениях без животных Н ₈	2,6
Потери электроэнергии в сетях комплекса Н ₉	1
Общепроизводственная норма	118
<i>Откормочные фермы</i>	
Кормоприготовление и кормораздача Н ₁	24,5
Навозоудаление Н ₂	2,3
Вентиляция в помещениях с животными (без электроподогрева воздуха) Н ₃	45
Поение животных Н ₄	7,6
Технологическая норма	79
Освещение Н ₅	6,6
Прочие процессы, не входящие в технологическую норму Н ₆	5,1
Вентиляция в помещениях без животных Н ₇	10,2
Потери электроэнергии в сетях ферм Н ₈	1
Общепроизводственная норма	102
<i>Репродуктивные фермы¹</i>	
Кормоприготовление и кормораздача Н ₁	324
Навозоудаление Н ₂	101
Облучение животных Н ₃	323
Вентиляция в помещениях с животными (без электроподогрева воздуха) Н ₄	642
Поение животных Н ₅	282
	1672
Технологическая норма	
Освещение Н ₆	271
Прочие процессы, не входящие в технологическую норму Н ₇	61
Вентиляция в помещениях без животных Н ₈	45
Потери электроэнергии в сетях ферм Н ₉	20
Общепроизводственная норма	2070

¹ Нормы рассчитывают в кВт·ч/(свиноматку·год)

Таблица Т2 – Групповые нормы расхода электроэнергии (кВт·ч/гол·год) для свиноводства по климатическим зонам

Климатическая зона	Комплексы	Фермы	
		откормочные	репродуктивные ¹
	При 100%-м уровне электрификации	При 100%-м уровне электрификации	При 100%-м уровне электрификации
Северо-Западная	108	95	1980
Центральная	118	102	2070
Волго-вятская	114	100	2035
Центрально-Черноземная	124	107	2130
Поволжская	122	105	2110
Северо-Кавказская	141	120	2290
Уральская	112	98	2015
Западно-Сибирская	108	95	1980
Восточно-Сибирская	97	86	1870
Дальневосточная	94	84	1840

¹Нормы рассчитывают в кВт·ч/(свиноматку·год).

Таблица Т3 – Групповые нормы расхода электроэнергии (кВт·ч/гол·год) для крупного рогатого скота (Центральный район)

Процесс	При 100%-ном уровне электрификации
<i>Молочные комплексы</i>	
Доеение и первичная обработка молока Н ₁	217
Кормораздача Н ₂	20
Кормоприготовление (кормоцех) Н ₃	160
Электроподогрев воды на технологические нужды Н ₄	92
Навозоудаление Н ₅	12
Вентиляция в помещениях с животными (без электроподогрева воздуха) Н ₆	756
Поение животных Н ₇	20
Технологическая норма	1277
Освещение Н ₈	153
Вентиляция в помещениях без животных Н ₉	188
Вентиляция в помещениях без животных	15
Общепроизводственная норма	1635
<i>Молочные фермы</i>	
Доеение и первичная обработка молока Н ₁	197
Кормоприготовление и кормораздача Н ₂	6
Электроподогрев воды на технологические нужды Н ₃	133
Навозоудаление Н ₄	20
Вентиляция в помещениях с животными (без электроподогрева воздуха) Н ₅	76

Поение животных Н ₆	18
Технологическая норма	450
Освещение Н ₇	130
Вентиляция в помещениях без животных Н ₈	56
Потери электроэнергии в сетях фермы Н ₉	6
Общепроизводственная норма	642
<i>Откормочные комплексы</i>	
Кормоприготовление и кормораздача Н ₁	19
Навозоудаление (гидросмыв) Н ₂	3
Переработка навоза Н ₃	14
Вентиляция в помещениях с животными (без электроподогрева воздуха) Н ₄	330
Поение животных Н ₅	20
Технологическая норма	416
Освещение Н ₆	62
Прочие процессы, не входящие в технологическую норму, Н ₇	18
Вентиляция в помещениях без животных Н ₈	13
Потери электроэнергии в сетях комплекса Н ₉	5
Общепроизводственная норма	514
<i>Откормочные площадки¹</i>	
Кормоприготовление и кормораздача Н ₁	
Поение животных, санитарная обработка животных и помещений Н ₂	28,5
Технологическая норма	51
Освещение (рабочие, дежурное, уличное) Н ₃	19
Прочие процессы, не входящие в технологическую норму, Н ₄	7
Вентиляция в помещениях без животных Н ₅	6
Потери электроэнергии в сетях площадок Н ₆	1
Общепроизводственная норма	84

¹ Нормы рассчитывают в кВт·ч/(скотоместо·год).

Таблица Т4 – Групповые нормы расхода электроэнергии (кВт·ч/гол.·год) для крупного рогатого скота по климатическим зонам

Климатическая зона	Молочные		Откормочные	
	Комплексы	фермы	комплексы	Площадки
	При 100%-м уровне электрификации			
Северо-Западная	1525	643	469	83
Центральная	1635	642	514	84
Волго-вятская	1590	642	496	84
Центрально-Черноземная	1710	647	545	85
Поволжская	1685	643	534	84
Северо-Кавказская	1895	643	623	86
Уральская	1565	643	486	83
Западно-Сибирская	1525	643	469	83
Восточно-Сибирская	1390	643	414	82
Дальневосточная	1350	643	400	82

Таблица Т5 – Технологические нормы расхода электроэнергии (кВт·ч/гол.·год) в цехах взрослой птицы (Центральный район)

Процесс	Оборудование и способ содержания			
	3-4 ярусные батареи (КБН, БКНЗ, ККТ, и др.)	2-ярусные (КБР-2 и др.)	1-ярусные (ОБН и др.)	напольное содержание
Вентиляция помещений с птицей:				
мясного направления	6,4	6,8	7	7,7
яичного направления	3,0	3,2	3,3	3,6
Раздача корма	0,1	0,13	0,2	0,25
Яйцесбор	0,15	0,25	0,3	-
Уборка помета	0,1	0,13	0,26	0,44
Освещение	4,2	4,67	8,8	15,6
ИТОГО в помещениях для птицы:				
мясного направления	7,55	8,38	12,06	19,5
яичного направления	10,95	12	16,56	24

ПРИМЕЧАНИЕ. Здесь и в таблицах 1 и 3 при определении расхода электроэнергии на вентиляцию в других климатических зонах следует учесть коэффициент K_v (см. табл. Т10).

Таблица Т6 – Технологические нормы расхода электроэнергии (кВт.ч) в цехах выращивания молодняка птицы (Центральный район)

Процесс	Ремонтный молодняк при содержании				Бройлеры при содержании			
	напольном		многоярусном		Напольном		многоярусном	
	на место в год	на 1 год за цикл	на место в год	на 1 год за цикл	на место в год	на 1 год за цикл	на место в год	на 1 год за цикл
Вентиляция помещений с птицей:								
мясного направления	4,6	2,2	4,4	2,1	3,7	0,8	3,1	0,66
яичного направления	2,3	1,1	2,2	1,05	---	---	---	---
Раздача корма	0,12	0,06	0,064	0,04	0,5	0,08	0,15	0,03
Уборка помета	0,1	0,05	0,052	0,03	0,14	0,025	0,06	0,014
Освещение	2,68	1,22	1,27	0,57	5,8	1,2	3,2	0,6
Электроотопление	3,4	1,5	---	---	2,8	0,6	---	---
ИТОГО в помещениях для птицы:								
мясного направления	10,9	5,0	5,8	2,7	13,0	2,7	6,5	1,3
яичного направления	8,6	3,9	3,0	1,7	---	---	---	---

Таблица Т7 – Групповые нормы расхода электроэнергии (кВт.ч/(несушку.год) в птицеводстве

Процесс	норма
<i>Фабрика замкнутого цикла яичного направления</i>	
Вентиляция помещений с птицей (без электроподогрева воздуха) Н ₁	5,36
Уборка помета Н ₂	0,8
Освещение помещений с птицей Н ₃	8,14
Кормоприготовление, кормораздача, водоснабжение Н ₄	2,34
Инкубация Н ₅	0,72
Электрообогрев молодняка брудерами Н ₆	0,12
Сбор яиц Н ₇	0,4
Убой и обработка птицы Н ₈	1,1
Холодопроизводство Н ₉	0,2
Технологическая норма	19,1
Освещение помещений без птицы и наружное Н ₁₀	0,4
Прочие процессы, не входящие в технологическую норму Н ₁₁	0,37
Вентиляция помещений без птицы Н ₁₂	0,31
Потери электроэнергии в сетях птицефабрики Н ₁₃	0,2
Общепроизводственная норма	20,4
<i>Фабрика незамкнутого цикла яичного направления</i>	
Вентиляция помещений с птицей (без электроподогрева воздуха) Н ₁	3,1
Уборка помета Н ₂	0,23
Освещение помещений с птицей Н ₃	4,8
Кормоприготовление, кормораздача, водоснабжение Н ₄	0,27
Яйцесбор Н ₅	0,3
Холодопроизводство Н ₆	0,5

Технологическая норма	9,2
Освещение помещений без птицы и наружное Н ₇	0,2
Прочие процессы, не входящие в технологическую норму Н ₈	0,1
Вентиляция помещений без птицы Н ₉	0,1
Потери в сетях Н ₁₀	0,1
Общепроизводственная норма	9,7
<i>Племенной завод яичного производства</i>	
Вентиляция помещений с птицей (без электроподогрева воздуха) Н ₁	5,7
Уборка помета Н ₂	0,22
Освещение помещений с птицей Н ₃	15,7
Кормоприготовление, кормораздача, водоснабжение Н ₄	0,2
Инкубация Н ₅	0,6
Электрообогрев молодняка брудерами Н ₆	1,43
Сбор яиц Н ₇	0,15
Убой и обработка птицы Н ₈	0,7
Холодопроизводство Н ₉	0,4
Технологическая норма	25,1
Освещение помещений без птицы и наружное Н ₁₀	0,3
Прочие процессы, не входящие в технологическую норму Н ₁₁	0,2
Вентиляция помещений без птицы Н ₁₂	0,25
Потери электроэнергии в сетях Н ₁₃	0,25
Общепроизводственная норма	26,1
<i>Племенной завода мясного направления</i>	
Вентиляция помещений с птицей (без электроподогрева воздуха) Н ₁	11,9
Уборка помета Н ₂	0,22
Освещение помещений с птицей Н ₃	15,7
Кормоприготовление, кормораздача, водоснабжение Н ₄	0,2
Инкубация Н ₅	0,6
Электрообогрев молодняка брудерами Н ₆	1,43
Сбор яиц Н ₇	0,15
Убой и обработка птицы Н ₈	0,7
Холодопроизводство Н ₉	0,4
Технологическая норма	31,3
Освещение помещений без птицы и наружное Н ₁₀	0,3
Прочие процессы, не входящие в технологическую норму Н ₁₁	0,2
Вентиляция помещений без птицы Н ₁₂	0,25
Потери в сетях Н ₁₃	0,25
Общепроизводственная норма	32,3

Таблица Т8 – Групповые нормы расхода электроэнергии (кВт·ч/гол. за цикл) в птицеводстве (Центральный район)

Процесс	При содержании	
	Клеточном	Напольном
1	2	3
<i>Бройлерная птицефабрика¹</i>		
Вентиляция помещений с птицей (без электроподогрева воздуха) Н ₁	0,9	1,1
Уборка помета Н ₂	0,1	0,1
Освещение помещений с птицей Н ₃	0,95	1,6
Кормоприготовление, кормораздача, водоснабжение Н ₄	0,28	0,33
Инкубация Н ₅	0,25	0,25
Электрообогрев молодняка брудерами Н ₆	---	0,8
Убой и обработка птицы Н ₇	0,72	0,72
Холодопроизводство Н ₉	0,1	0,1
Технологическая норма	3,3	5,0
Освещение помещений без птицы и наружное Н ₉	0,1	0,1
Прочие процессы, не входящие в технологическую норму Н ₁₀	0,19	0,19
Вентиляция помещений без птицы Н ₁₁	0,06	0,06
Потери в сетях Н ₁₂	0,5	0,05
Общепроизводственная норма	3,7	5,4
<i>Птицефабрика по выращиванию ремонтного молодняка</i>		
Вентиляция помещений с птицей (без электроподогрева воздуха) Н ₁	2,25	2,3
Уборка помета Н ₂	0,3	0,5
Освещение помещений с птицей Н ₃	0,57	1,3
Кормоприготовление, кормораздача, водоснабжение Н ₄	0,5	0,8
Инкубация Н ₅	0,2	0,2
Электрообогрев молодняка брудерами Н ₆	---	1,5
Технологическая норма	3,8	6,6
Освещение помещений без птицы и наружное Н ₇	0,06	0,06
Прочие процессы, не входящие в технологическую норму Н ₈	0,1	0,1
Вентиляция помещений без птицы Н ₉	0,06	0,06
Потери в сетях Н ₁₀	0,08	0,08
Общепроизводственная норма	4,0	6,9

ПРИМЕЧАНИЕ. В расчетах расхода электроэнергии на вентиляцию в птицеводческих помещениях была принята схема обеспечения воздухообмена: вытяжная вентиляция работает в течение года, приток осуществляется в зимний период от центробежных вентиляторов, летом - через шахты.

¹ При определении годового расхода электроэнергии следует соответствующую норму умножить на годовой выход птицы.

Таблица 9 – Групповые нормы расхода электроэнергии (кВт·ч/(несушку ·год) в птицеводстве по климатическим зонам

Климатическая зона	Птицефабрика яичного направ- ления		Племенной Завод		Бройлерная Птицефабрика ¹		Птицефабрика по выращиванию ремонтного молодняка	
	замкну того цикла	незамк нутого цикла	яичного направ- ления	мясного направ- ления	кле- точное со- держа- ние	наполь ное со- держа- ние	кле- точное со- держа- ние	наполь ное со- держа- ние
Северо-Западная	19,7	9,4	25	31	3,6	5,3	3,7	6,8
Центральная	20,4	9,7	26,1	2,3	3,7	5,4	4	6,9
Волго-вятская	20,2	9,6	26	31,8	3,6	5,3	3,9	6,8
Центрально- Черноземная	20,9	10,1	26,6	33,3	3,8	5,4	4,2	6,9
Поволжская	20,8	9,9	26,6	33,2	3,7	5,5	4,1	7,1
Северо-Кавказская	22,1	10,7	27,9	36,1	4	5,5	4,7	7,6
Уральская	20	9,5	25,8	31,6	3,6	5,3	3,8	6,8
Западно-Сибирская	19,7	9,4	25,6	31	3,6	5,3	3,7	6,8
Восточно-Сибирская	18,9	8,9	25	29,4	3,4	5,3	3,3	6,6
Дальневосточная	18,7	8,3	24,8	28,9	3,4	5,3	3,3	6,6

¹При определении годового расхода электроэнергии (кВт·ч/гол, за цикл) соответствующую норму следует умножать на годовое производство бройлеров или ремонтного молодняка.

Таблица Т10 – Коэффициенты для определения расхода электроэнергии на отопление K_t , вентиляцию K_v , производство сухих кормов γ , а также для расчета электропотребления в защищенном грунте E и ν

климатическая зона	K_t	K_v	Γ	E	ν
Северо-Западная	1,14	0,87	1,7	1,76	4,1
Центральная	1	1	1	2,4	4,9
Волго-вятская	1,05	0,95	1,2	2,24	7,9
Центрально-Черноземная	0,92	1,09	0,8	3,2	4,6
Поволжская	0,95	1,06	0,7	3,36	8,9
Северо-Кавказская	0,69	1,32	0,6	3,85	6,8
Уральская	1,09	0,92	0,9	2,88	4,9
Западно-Сибирская	1,14	0,87	1,1	2,56	4,3
Восточно-Сибирская	1,3	0,71	1,2	2,88	5,8
Дальневосточная	1,34	0,67	1,5	3,52	9,3

Таблица Т11 – Групповые и нормы расхода электроэнергии (кВт·ч/(т·год) для обработки и хранения зерна на зерноочистительно-сушильных комплексах (Центральный район).

Процесс	При 100%-м уровне электрификации
Транспортировка, очистка, сортировка, на комплексе Н ₁	2,9
Сушка зерна (электропривод линии сушки) Н ₂	4,9
Хранение и активное вентилирование зерна без подогрева воздуха Н ₃	28,9
Электроподогрев воздуха для сушки зерна Н ₄	90
Технологическая норма	126
Освещение, потери, электроэнергии в сетях преобразователя комплекса Н ₅	1,5
Общепроизводственная норма	128

Таблица Т12 – Групповые нормы расхода электроэнергии (кВт·ч/(т·год) для послеуборочной обработки и хранения зерна по климатическим зонам.

Климатическая зона	При 100%-м уровне электрификации
Северо-Западная	217
Центральная	128
Волго-вятская	153
Центрально - Черноземная	102
Поволжская	90
Северо-Кавказская	77
Уральская	115
Западно-Сибирская	140
Восточно-Сибирская	153
Дальневосточная	192

Таблица Т13 – Групповые нормы расхода электроэнергии (кВт·ч/(т·год)) на производство сенажа, травяной муки, гранул, брикетов и комбикормов (Центральный район).

Процесс	При 100%-м уровне электрификации
Заготовка сена методом активного вентилирования, приготовления и выгрузка сенажа Н ₁	105
Приготовление травяной муки (электропривод агрегатов приготовления муки Н ₂)	105
Гранулирование травяной муки Н ₃	50
Брикетирование кормов Н ₄	25
Производство комбикормов Н ₅	38
Гранулирование комбикормов Н ₆	18
Технологическая норма	340
Потери электроэнергии в сетях предприятий по обработке кормов Н ₇	3
Общепроизводственная норма	343

Таблица Т14 – Групповые нормы расхода электроэнергии (кВт·ч/(т·год)) для производства сенажа, травяной муки, гранул, брикетов и комбикормов по климатическим зонам

Климатическая зона	При 100%-м уровне электрификации	В том числе		
		сенажа и сена активным вентилированием	гранулированной травяной муки	брикетированных кормов
Северо-Западная	487	178	228	203
Центральная	343	105	155	130
Волго-вятская	382	126	176	151
Центрально - Черноземная				
Поволжская	298	84	134	109
Северо-Кавказская	277	74	124	99
Уральская	256	63	113	88
Западно-Сибирская	319	95	145	120
Восточно-Сибирская	361	115	165	140
Дальневосточная	382	126	176	151
	445	157	207	182

Таблица Т15 – Групповые нормы расхода электроэнергии (кВт·ч/(м²·год)) в теплицах (Центральный район).

Процесс	При 100%-м уровне электрификации
<i>Блочные зимние</i>	
Работа циркулярных насосов системы теплоснабжения в расчете на обогрев:	
шатра Н ₁	32
почвы Н ₂	13,6
Облучение растений Н ₃	15,8
Привод двигателей системы вентиляции и охладительного дождевания Н ₄	5,2
Подогрев поливочной воды, стерилизация почвы и подача углекислого газа Н ₅	6,5
Облучение плодоносящих растений Н ₆	280
Электрообогрев почвы Н ₇	72
Обогрев шатра при электротеплоснабжении Н ₈	164
Технологическая норма	589
Вспомогательные процессы (цех дозревания, хранения, подсобные помещения) Н ₉	6% от (Н ₁ + Н ₂)
Потери электроэнергии (тепловые, снижение фитоотдачи ламп) Н ₁₀	14% от Н ₇ +Н ₈
Общепроизводственная норма	628
<i>Весенние пленочные</i>	
Обогрев воздуха Н ₁	4,6
Разогрев почвы Н ₂	93,4
Обогрев почвы Н ₃	2,3
Обогрев воздуха при электротеплоснабжении Н ₄	91,7
Технологическая норма	192
Потери электроэнергии (16%) Н ₅	30
Общепроизводственная норма	222
<i>Ангарные зимние</i>	
Работа циркулярных насосов системы теплоснабжения в расчете на обогрев:	
шатра Н ₁	32,4
почвы Н ₂	14,2
Облучение рассады (на площади 10% от общей) Н ₃	15,8
Привод двигателей системы вентиляции и охладительного дождевания Н ₄	4
Подогрев поливочной воды, стерилизация почвы и подача углекислого газа Н ₅	6,5
Облучение плодоносящих растений Н ₆	280
Электрообогрев почвы Н ₇	77
Обогрев шатра при электротеплоснабжении Н ₈	186
Технологическая норма	615

Вспомогательные процессы (цех дозревания, хранения, подсобные помещения) Н ₉	6% от (Н+Н ₂)
Потери электроэнергии (тепловые, снижение фитоотдачи ламп) Н ₁₀	14% от (Н ₇ +Н ₈)
Общепроизводственная норма	646

Таблица Т16 – Групповые нормы расхода электроэнергии (кВт·ч/(м²·год) в теплицах по климатическим зонам

Климатическая зона	Блочные зимние	Весенние пленочные	Ангарные Зимние
	При 100%-м уровне электрификации	При 100%-м уровне электрификации	При 100%-м уровне электрификации
Северо-Западная	764	221	788
Центральная	628	222	646
Волго-вятская	694	241	716
Центрально - Черноземная	484	204	500
Поволжская	584	220	605
Северо-Кавказская	418	156	428
Уральская	568	242	590
Западно-Сибирская	605	252	640
Восточно-Сибирская	656	290	682
Дальневосточная	730	295	767

Таблица Т17 – Групповые нормы расхода электроэнергии (кВтч/га) на орошение основных сельскохозяйственных культур для различных зон страны

Экономические районы	Сады, ягодники, виноградники и многолетние насаждения	Зерновые культуры (кроме риса)	Технические культуры	Картофель, бахчевые культуры	Кормовые культуры	Остальные культуры	Групповая норма расхода на орошаемой площади электроэнергии по зонам в целом
Северо-Западная	500	500	---	650	800	800	750
Центральная	600	550	750	850	1000	1000	900
Волго-вятская	550	500	700	750	900	900	850
Центрально-Черноземная	1400	1900	2300	2650	2700	2500	2400
Поволжская	1700	2700	2900	2800	3200	3150	2800
Северо-Кавказская	1650	2550	2700	2650	2750	2550	2300
Уральская	1200	1400	---	1500	1550	1400	1450
Западно-Сибирская	1700	1700	2900	2050	2150	1900	2100
Восточно-Сибирская	1650	---	---	2000	2100	1850	1950
Дальневосточная	---	1200	---	1400	1300	1300	1300

Таблица Т18 – Групповые нормы расхода электроэнергии в жилом секторе и сфере культурно-бытового обслуживания сельского населения (в среднем, кВт·ч в год на 1 жителя)

Потребители	Расход	
	от	До
Жилой сектор	308	420
В том числе:		
Освещение	122	122
Приборы культурно-бытового назначения	43	43
приборы хозяйственного назначения	50	56
тепловые приборы небольшой мощности	18	18
разные мелкие электрические приборы	4	4
приготовление пищи частичное	15	20
приготовление пищи полное	8	45
Горячее снабжение:		
частичное (при помощи кипятильников)	10	15
частичное (проточными нагревателями)	4	19
Полное	5	30
обогрев помещения	5	17
Кондиционирование	2	6
личное подсобное хозяйство	15	25
Сфера культурно-бытового обслуживания сельского населения	122	170
В том числе:		
освещение коммунальных помещений и организаций, электропривод установок в коммунальных предприятиях	32	32
приготовление пищи	5	14
горячее водоснабжение	13	
отопление и вентиляция	16	25
уличное освещение	18	18
водоснабжение и канализация	2	2
Итого	430	590

Приложение У – Нормы расхода тепловой энергии

Таблица У1 – Групповые нормы расхода тепловой энергии (тыс. ккал (гол.-год) для молочных ферм и комплексов и комплексов по выращиванию и откорму молодняка КРС по климатическим зонам

Климатическая зона	Молочно-товарная ферма	Молочно-товарный комплекс	Комплексы по выращиванию и откорму КРС
Северо-Западная	1279	1118	410
Центральная	1144	1003	360
Волго-Вятская	1192	1044	378
Центрально-Черноземная	1067	937	331
Поволжская	1096	962	342
Северо-Кавказская	845	748	248
Уральская	1231	1077	392
Западно-Сибирская	1279	1118	410
Восточно-Сибирская	1433	1250	468
Дальневосточная	1472	1283	482

Таблица У2 – Групповые нормы расхода тепловой энергии на свиноводческих ферма и комплексах в различных климатических зонах

Климатическая зона	Свиноводческие племенные (тыс. ккал/свиноматку в год	Свинооткормочная ферма (тыс. ккал/свиноместо в год	Свинокомплекс по выращиванию и откорму (тыс. ккал/гол. в год)	Свиноферма репродуктивная (тыс. ккал/свиноматку в год)
Северо-Западная	9117	437	448	8660
Центральная	8140	391	400	7596
Волго-Вятская	8954	430	440	7976
Центрально-Черноземная	7489	359	368	6988
Поволжская	7407	357	364	7216
Северо-Кавказская	5454	262	268	5490
Уральская	10582	508	520	8672
Западно-Сибирская	11722	564	576	8660
Восточно-Сибирская	12210	587	600	9875
Дальневосточная	11233	541	552	10179

Таблица У3 – Состав нормы в процентах по процессам
Фермы и комплексы крупного рогатого скота

Виды затрат	Ферма		комплекс	
	Привязного содержания на 200 – 800 гол.	Молочного направления на 400 – 800 гол.	Производства молока на 1200 – 1600 гол.	Выращивания и откорма КРС на 5000 – 10000 гол.
в коровнике	9,8	9,0	9,9	---
в телятнике	11,0	14,5	13,5	20,8
для молодняка	-	7,9	-	54,9
в родильном отделении	5,2	---	8,7	---
в изоляторе	2,5	2,9	1,2	0,6
в стационаре	---	---	1,2	0,6
Отопление:				
доильно-молочного блока	8,2	9,1	6,8	---
ветсанпропускника	10,8	8,7	5,8	1,1
ветеринарного пункта	1,8	1,4	1,2	0,3
кормоприготовительного цеха	---	-	1,2	0,8
переходных галерей	---	-	0,4	0,7
здания приема скота	---	-	-	0,3
убойно-санитарного пункта	---	-	-	0,3
Пастеризация молока	14,2	14,4	16,2	---
Горячее водоснабжение	18,9	17,5	23,5	14,3
ИТОГО	82,4	85,4	89,6	94,7
<i>Б. Вспомогательные процессы</i>				
Отопление:				
здания для 3-х тракторов	3,0	2,3	1,8	---
весовой и проходной насосной станции	0,6	0,4	0,3	0,2
пункта техобслуживания машин	14,0	11,9	8,0	3,0
ИТОГО (А+Б)	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица У4 – Групповые нормы расхода тепловой энергии для птицефабрик в различных климатических зонах

Климатическая зона	Птицефабрики				
	мясного направления (тыс. ккал/бройлероместо год)	яичного направления (тыс. ккал/курицунесушку год)	ремонтного молодняка (тыс. ккал/птицеместо год)	репродуктивные	
				т. ккал/курицунесушку год	т. ккал/бройлероместо год
Северо-Западная	41,2	103	37,8	261	317
Центральная	36,2	90	33,1	229	278
Волго-Вятская	37,5	95	34,7	240	292
Центрально-Черноземная	33,7	83	30,4	211	256
Поволжская	34,4	86	31,5	217	264
Северо-Кавказская	25,0	62	22,8	158	192
Уральская	39,5	98	36,0	250	303
Западно-Сибирская	41,2	109	37,8	261	317
Восточно-Сибирская	42,1	117	43,0	298	361
Дальневосточная	48,7	121	44,4	307	372

Таблица У6 – Нормы расхода условного топлива (тыс. ккал/м² в год) для зимних блочных теплиц в зависимости от температуры воздуха внутри теплицы, площади соединительных коридоров, вспомогательных и бытовых помещений

Температура воздуха внутри теплицы, °С	Площадь теплицы, га						
	1	3	6	12	18	24	30
16	360/206	360/206	359/205	358/205	357/204	356/204	356/203
18	375/214	374/214	374/214	375/213	372/213	335/192	334/191
20	389/222	389/222	388/222	387/221	387/221	386/220	385/220
22	404/231	403/231	403/230	402/230	401/229	400/229	400/228
25	426/243	425/243	425/243	424/242	423/242	422/241	422/241
30	462/264	462/264	462/264	461/263	460/263	459/262	458/262

ПРИМЕЧАНИЕ. В числителе - данные по твердому топливу, а в знаменателе – по газообразному или жидкому

Таблица У7 – Нормы расхода тепловой энергии (тыс. ккал/(м²·год) для сооружений защищенного грунта

Статья расхода	Теплицы		Парники
	Зимние, Ангарные	Весенние	
Потери теплоты:			
через ограждения	842	150	42
на обогрев воздуха	160	60	15
на инфильтрацию	150	30	8
через грунт (почву)	19	8	2
на испарение осадков, выпадающих на перекрытия	27	4	1
Количество теплоты, поступающей за счет энергии:			
солнечного излучения	-100	-60	---
облучательных установок	-40	-20	---
Обогрев почвы	90	180	---
Пропаривание почвы	16	3	---
Подогрев поливочной воды	20	2	1
Отопление, вентиляция и горячее водоснабжение бытовых и вспомогательных помещений	16	6	3
ИТОГО	1200	363	72

ПРИМЕЧАНИЕ. При расчете норм для весенних теплиц учитывается расход теплоты на обогрев грунта после зимнего стояния

Таблица У8 – Поправочные коэффициенты на климатические условия Центрального района (к таблицам У6, У7)

Экономический район	Коэффициент
Северо-Западный	1,14
Центральный	1,00
Волго-Вятский	1,05
Центрально-Черноземный	0,92
Поволжский	0,95
Северо-Кавказский	0,69
Уральский	1,09
Западно-Сибирский	1,14
Восточно-Сибирский	1,30
Дальневосточный	1,34

Таблица У9 – Горячее водоснабжение и приготовление пищи для коммунально-бытовых потребителей

Процесс	Годовые нормативы потребности и тепловой энергии, тыс. ккал/чел год	
	общественный сектор	жилой
Горячее водоснабжение	1030	1260
Приготовление пищи	100	150

Таблица У10 – Нормы расхода тепловой энергии и топлива на сушку сельскохозяйственных продуктов

Продукт	Норма расхода	
	теплоты, тыс. ккал/т сухой массы	условного топлива, кг у.т/т сухой массы
Пшеница, рожь, ячмень, овес, просо, гречиха, горох, фасоль, рис (зерно) стандартной начальной влажностью $W_1=20\%$ и конечной влажностью $W_2=14\%$.	90	12,9
Травяная витаминная мука при изменении влажности от $W_1=75\%$ до $W_2=14\%$.	2196	313,7

Приложение Ф – Нормы расхода воды в сельском хозяйстве

Таблица Ф1 – Нормы расхода воды на животных, л на гол. в сутки

Коровы молочные	100	Лошади племенные	80
Коровы мясные	70	Жеребцы-производители	70
Быки и нетели	60	Лошади рабочие	60
Молодняк	30	Жеребята до 1,5 лет	45
Телята	20	Куры яйценозные	0,46
Хряки-производители	25	Куры мясные	0,51
Матки супоросные и холостые	25	Индейки	1,31
Матки подсосные с приплодом	60	Утки	0,9
Свиньи на откорме и молодняк	15	Гуси	1,56
Поросята-отъемыши	5	Цыплята в возрасте 1 – 60 дней	0,25
Овцы взрослые	10	Цыплята в возрасте 61 – 150 дней	0,37
Молодняк овец после отбивки	5	Утята в возрасте 1 – 55 дней	0,52
Норки	3	Утята в возрасте 56 – 180 дней	0,85
Лисицы	7	Гусята в возрасте 1 – 70 дней	0,67
Песцы	7	Гусята в возрасте 71 – 180 дней	1,2
Соболи	3	Молодняк индеек 1 – 60 дней	0,69
Кролики	3	Молодняк индеек 61 – 120 дней	0,84

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. Коэффициент часовой неравномерности следует принимать 2,5.
2. В нормы потребления воды включены ее расходы на мойку помещения, клеток, молочной посуды, приготовление кормов, охлаждение молока.
3. В жарких и сухих районах указанные нормы потребления воды допускается увеличить на 25 %.

Таблица Ф2 – Нормы потребления воды для производственных процессов, л.

Разовая заправка: -трактора -автомашины	32-80 12-25
Мойка машин и тракторов на специально оборудованных моечных площадках с механизированной подачей воды за 1 раз на 1 машину	250-600
То же без моечных площадок	150-200
Капитальный ремонт (с разборкой и обмывкой): - автомобиля - Трактора	700-800 1200-1500
Расход на 1 станок (рабочее место), сутки: - механической мастерской - слесарной мастерской - столярной мастерской - в кузнице	35 80 20 40
Питание паровых котлов силовых установок на 1 кВтч (без использования конденсата)	14-27
Расход для двигателя внутреннего сгорания на 1 кВтч при прямоточном водоснабжении	22-50
То же при обратном водоснабжении	4-7
Мойка полов шлангом на 1 м ² пола	10
Обработка и хранение молока в молочной (на 1 л молока)	4-7
Расход в кормоцехе: - на 1 кг сухого корма - на 1 м ² поверхности нагрева преобразователя, ч. - на осолаживание 1 кг корма - на дрожжевание 1 кг корма - на настой 1 кг сена - на мойку 1 кг корнеклубнеплодов - на увлажнение 1 кг соломенной резки	2 25-30 2 2 6 0,8 1
Для работников, приходящих на ферму в 1 смену	25
Для работников, живущих на ферме	60
Для поливки зеленых насаждений и улиц в среднем на 1 м ²	2-3

Таблица Ф3 – Нормы расхода холодной воды на жилищно-коммунальные нужды, л/сутки

ХОЛОДНОЙ ВОДЫ

Жилой сектор (на 1 человека):	
- с разбором колонок	45-50
- с дымовыми ответвлениями	50-60
То же, с наличием канализации	80-90
Баня (на 1 человека)	150-
175	
Душ (на 1 человека)	40
Прачечная (на 1 кг белья)	40
Столовая (на 1 человека)	15-26
Школа (на 1 учащегося)	15
Клуб (на 1 посетителя)	10
Больница (на 1 койку)	100-
150	
Амбулатория (на 1 посетителя)	12
Контора (на 1 служащего)	10-
20	
Детские сады, ясли (на 1 ребенка)	75
Хлебопекарня (на 1 кг выпеченного хлеба)	2

ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Столовые, кафе на 200 человек (на 1 посетителя)	4-4,5
Школа (при наличии душевых в гимнастических залах на 1 учащегося в смену)	7
Детский сад (без душевых на 1 ребенка в смену)	5
Детский сад и ясли (с душевыми на 1 ребенка в смену)	25
Прачечные:	
-механические прачечные на 1 кг сухого белья	20-25
-в прачечных при ручной стирке на 1 кг сухого белья	15-
20	
На 1 корову	15
Молодняк крупного рогатого скота в возрасте до 2 лет (на 1 Голову)	2
Быки и нетели (на 1 голову)	5
Телята до 6 месяцев (на 1 голову)	2

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. – М.: Экономика, 1982.
2. Аньшин В.М. Инвестиционный анализ. – М.: Дело, 2000.
3. Басовский Л.Е. Теория экономического анализа. – М.: ИНФРА-М, 2002.
4. Беренс В., Хавранек П.М. Руководство по оценке эффективности инвестиций: Пер. с англ. – М.: Интерэксперт, ИНФРА-М, 1995.
5. Бешенковский В.Л. Экономическое обоснование научно-технической деятельности. – М.: Академия, 1999.
6. Бирман Г., Шмидт С. Экономический анализ инвестиционных проектов. / Пер. с англ. под ред. Л.П. Белых. – М.: банки и биржи, ЮНИТИ, 1997.
7. Бочаров В.В. Методы финансирования инвестиционной деятельности предприятий. – М.: Финансы и статистика, 1998.
8. Бромович М. Анализ экономической эффективности капиталовложений. Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 1996.
9. Будзко И.А., Лещинская Т.Б., Сукманов В.И. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Колос, 2000.
10. Валдайцев С.В. Оценка бизнеса и инноваций. – М.: Филин, 1997.
11. Вирьяновский З.Я. и др. Судовые системы автоматического контроля. – Л.: Судостроение, 1974.
12. Водяников В.Т. Экономическая оценка средств электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства и систем сельской энергетики. – М.: МГАУ, 1997.
13. Водяников В.Т. Экономика и организация сельской энергетики. – М.: МГАУ, 1998.
14. Воронцовский А.В. Инвестиции и финансирование: методы оценки и обоснования. – СПб., 1998.
15. Ган В.Н. Экономика и организация производства в электротехнической промышленности. – М.: Госэнергоатомиздат, 1958.
16. Гиляровская Л.Т., Ендовицкий Д.А., Гусаков Б.И. Экономическая эффективность инвестиций собственника (качественный и финансовый анализ). – Москва – Минск: Финансы, учет и аудит, 1998.
17. Гнеденко Б.В. и др. Математические методы в теории надежности. – М.: Наука, 1965.
18. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия, термины и определения. – М.: Госстандарт, 1989.
19. Гук Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике. – Л.: Энергоатомиздат, 1990.
20. Ерошенко Г.П., Пястолов А.А. Курсовое и дипломное проектирование по эксплуатации электрооборудования. – М.: Агропромиздат, 1988.
21. Зимин. И.А. Реальные инвестиции. – М.: ЭКМОС, 2000.
22. Игошин Н.В. Инвестиции: организация, управление и финансирование. – М.: Финансы, ЮНИТИ, 1999.
23. Ильчук В.М. Цены на информационные продукты и услуги. – М., 1998.
24. Каганов И.Л. Курсовое и дипломное проектирование. – М.: Агропромиздат, 1990.

25. Касимова О.Ю. Введение в финансовую математику. – М.: АНКИЛ, 2001.
26. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения. – М.: радио и связь, 1981.
27. Кирьяков А.Г., Максимов В.А. Основы инновационного предпринимательства. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002.
28. Китаев В.Е., Бокуняев А.А., Колканов М.Ф. Расчет источников электропитания средств связи. – М.: Радио и связь, 1993.
29. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. – М.: Финансы и статистика, 2003.
30. Котельнец Н.Ф., Кузнецов Н.Л. Испытания и надежность электрических машин. – М.: Высшая школа, 1998.
31. Костиков В.Г., Парфенов Е.М., Шахнов В.А. Источники электропитания электронных средств. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001.
32. Кротников А.В., Курдилов Б.А. и др. Вероятностные методы в вычислительной технике. – М.: Высшая школа, 1986.
33. Лапуста М.Г. и др. Предпринимательство: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2004.
34. Лимитовский М.А. Основы оценки инвестиционных и финансовых решений. – М.: БЕК, 1996.
35. Ложникова А.В. Инвестиционные механизмы в реальной экономике. – М.: МЗ-Пресс, 2001.
36. Мамиконов А.Г. Проектирование АСУ. – М.: Высшая школа, 1987.
37. Мелкумов Я.С. Экономическая оценка эффективности инвестиций. – М.: ДИС, 1997.
38. Мелкумов Я.С. Организация и финансирование инвестиций. – М.: ИНФРА-М, 2002.
39. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. – М.: Минсельхозпрод России. ВНИЭСХ, 1998.
40. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции. РД 50–149–79. – М.: Издательство стандартов, 1979.
41. Методическое пособие для расчета экономического эффекта от использования изобретений и рационализаторских предложений. – М.: ВНИИПИ, 1985.
42. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. – М.: Экономика, 2000.
43. Мильченко А.П. Расчет показателей надежности электронных схем. – Л.: ЛЭИС, 1992.
44. Музенитов Ш.А. Математические основы экономики и методы оптимизации. – Ставрополь.: СКГТУ, 2000.
45. Налоговый кодекс РФ (часть вторая) от 5. 08. 2000, редакция от 24. 07. 2002.
46. Нелидов И.Е., Фураева В.В. Организация, планирование и управление электротехническим предприятием. – М.: Высшая школа, 1975.

47. Отсрочка, рассрочка, налоговый кредит, инвестиционный налоговый кредит: порядок оформления. Условия предоставления. Финансовый контроль. – М.: Ось-89, 2000.
48. Прыкин Б.В. Техничко-экономический анализ производства. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.
49. Райзберг Б.А. Основы экономики и предпринимательства. – М.: Новая школа, 1993.
50. Романов А.Н. Методика оценки коммерческой деятельности предпринимательства. – М.: Финансы и статистика, Бизнес и банки, 1993.
51. Самсонов В.С. Автоматизированные системы управления в энергетике. – М.: Высшая школа, 1990.
52. Сергеев И.В., Веретенникова И.И., Яновский В.В. Организация и финансирование инвестиций. – М.: Финансы и статистика, 2002.
53. Серый И.С., Смелов А.П., Черкун В.Е. Курсовое и дипломное проектирование по надежности и ремонту машин. – М.: ВО Агропромиздат, 1991.
54. Справочник инженера-электрика сельскохозяйственного производства. – М.: Информагротех, 1999.
55. Старик Д.Э. Как рассчитать эффективность инвестиций. – М.: Финстатинформ, 1996.
56. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов / под ред. В.К. Беклешова. – М.: Высшая школа, 1991.
57. Туровец О.Г., Белинкис В.Д. Вопросы экономики и организации производства в дипломных проектах. – М.: Высшая школа, 1988.
58. Хорольский В.Я. Эксплуатация электрооборудования сельскохозяйственных предприятий. – Ставрополь.: СГСХА, 1996.
59. Хорольский В.Я., Медведев А.А., Жданов В.Г. Задачник по эксплуатации электрооборудования. – Ставрополь.: СГСХА, 1996.
60. Хорольский В.Я., Таранов М.А. Анализ и синтез систем электроснабжения сельскохозяйственных объектов. – Ростов-на-Дону.: Терра, 2001.
61. Чумаков Н.М., Серебряный Е.И. Оценка эффективности сложных технических устройств. – М.: Советское радио, 1980.
62. Шелобаев С.И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе. – М.: ЮНИТИ, 2000.
63. Экономика / Под ред. А.С. Булатова. – М.: БЕК, 1994.
64. Электрооборудование осветительных и облучательных установок / под ред. В.П. Степанцова. – Минск.: «Ураджай», 1991.
65. Янковский К.П. Введение в инновационное предпринимательство. - СПб.: Питер, 2004.
66. Bodie Z., Kane A., Marcus A. J. Essentials of investment. – Boston: IRWIN, 1992.
67. Bradley R.S. The micro economy today. – N.Y.: 1991.
68. Drucker P.F. Innovation and entrepreneurship. – N.Y.: 1986.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ	5
1.1. СТРУКТУРНЫЕ И СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ ПО ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ	5
1.2 ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ В СВЯЗИ С РЫНОЧНЫМИ ОТНОШЕНИЯМИ.....	6
РАЗДЕЛ 2. СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ	10
2.1. ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРОЕКТНЫХ РАЗРАБОТОК.....	10
2.2. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТОРОННЫХ УСТРОЙСТВ.....	14
2.2.1. Расчет надежности неремонтируемых систем	14
2.2.2. Расчет надежности ремонтируемых систем	23
2.2.3. Расчет надежности по статистическим данным об отказах электрооборудования	26
2.3 ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА В АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТАХ.....	32
2.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТНЫХ РАЗРАБОТОК	54
2.5. ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ ...	62
РАЗДЕЛ 3 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ КОНСТРУКТОРСКОГО ХАРАКТЕРА.....	67
3.1 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА СТАДИИ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ.....	67
3.2 РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАЗРАБОТАННОГО УСТРОЙСТВА.....	70
3.3 РАСЧЕТ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЯ.....	73
РАЗДЕЛ 4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	86
4.1. ОБЩИЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД	86
4.1.1. Расчет капитальных вложений	86
4.1.2. Расчет эксплуатационных расходов	87
4.1.3. Определение показателей экономической эффективности инвестиционного проекта при внедрении новой техники	89

4.2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СРЕДСТВ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	97
4.2.1. Определение капитальных вложений в средства электрификации и автоматизации	99
4.2.2. Расчет затрат на эксплуатацию средств электрификации и автоматизации технологических процессов	101
4.2.3. Определение показателей экономической эффективности внедрения средств электрификации и автоматизации.....	104
4.3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОПИТАЮЩИХ УСТАНОВОК	108
4.3.1. Экономические расчеты при проектировании электрических сетей	108
4.3.2. Определение экономической эффективности применения резервных электростанций	120
4.4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК.....	122
РАЗДЕЛ 5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕМАТИКЕ	125
5.1. АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОЕКТЫ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГОСЛУЖБ.....	125
5.2. АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОЕКТЫ ПО ОБОСНОВАНИЮ ЭЛЕКТРОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	137
РАЗДЕЛ 6. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ	150
5.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА.....	150
5.2 РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	152
5.3 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА.....	154
ПРИЛОЖЕНИЕ	165
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	208