

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Модернизация схемы электроснабжения ЗАО «Сибстар»

УДК 621.31.031-048.35(571)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Здвижкова Наталья Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Г.Н. Климова	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	С.Н. Попова	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ю.В. Бородин	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

и.о. Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжение промышленных предприятий	Сурков М.А.	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:

и. о. зав. кафедрой ЭПП

(Подпись) _____ (Дата) **Сурков М.А.**
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5E	Здвижкова Наталья Александровна

Тема работы:

Модернизация схемы электроснабжения ЗАО «Сибстар»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.02.2017 г. № 719/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<i>Объектом исследования является система внутреннего и внешнего электроснабжения ЗАО «Сибстар». В качестве исходных данных представлены:</i> - генеральный план завода; - план цеха по производству бильярдных столов №1; - сведения об электрических нагрузках завода; - сведения об электрических нагрузках цеха по производству бильярдных столов №1.
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	-выбор схемы электроснабжения цеха. Расчет электрических нагрузок цеха. -определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом. -построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок, зоны рассеяния условного центра электрических нагрузок. -выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. -выбор и проверка питающих линий ГПП. -выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности. -выбор и проверка внутризаводских линий. -расчет потерь в КТП и внутризаводских линиях. -расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутризаводских линий по токам КЗ. -выбор и проверка высоковольтного оборудования. -выбор и проверка аппаратов защиты -проработка схемы внутризаводской сети выше 1000 В. -выбор распределительных пунктов в сети ниже 1000В. -выбор и проверка низковольтных линий от КТП до отдельного ЭП. -проверка внутрицеховой сети по потерям напряжения. Построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП. -расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В -построение карты селективности действия защитных аппаратов. - рассмотрение мероприятий по модернизации схемы электроснабжения, -предложение вариантов снижения затрат на сокращение потерь электроэнергии. -составление программы энергосбережения ЗАО «Сибстар». - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
Перечень графического материала	- картограмма электрических нагрузок предприятия; - план внутризаводского электроснабжения; - однолинейная схема внешнего электроснабжения завода «Сибстар». -однолинейная схема внешнего электроснабжения завода «Сибстар».
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	С.Н. Попова, к.э.н., доцент
«Социальная ответственность»	Ю.В. Бородин, к.т.н., доцент

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:
Энергосбережение и энергоэффективность на предприятии. Die Energieeinsparung und Energieeffizienz für das Unternehmen. Тариф на электроэнергию. Strompreis; Энергосбережение. Energieeinsparung; Энергетические услуги. Energiedienstleistungen; Энергетическая эффективность и энергосбережение. Energieeffizienz und Energiesparen, Энергоэффективность в трансформаторах. Energieeffizienz im Bereich Transformatoren; Асинхронная машина. Asynchronmaschine.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Г.Н. Климова	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Н.А. Здвижкова		

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация 151 с., 38 рис., 62 табл., 43 источников, 9 приложений.

Ключевые слова: расчетная нагрузка, картограмма нагрузок, выбор силовых и энергосберегающих трансформаторов, компенсация реактивной мощности, электроснабжение цеха, выбор оборудования, проверка оборудования, однолинейная схема, энергоэффективность, нагрузка рабочей машины, экономия электроэнергии, энергозатраты, дисконтированный доход, социальная ответственность.

Объектом исследования является система внешнего и внутриводского электроснабжения завода СИБСТАР.

Цель работы: модернизация системы электроснабжения ЗАО «СИБСТАР» и разработка программы энергосбережения.

Задачи: оптимизация системы внешнего и внутриводского электроснабжения завода, повышение качества электрической энергии, сокращение потерь электрической энергии во внутриводской сети, сокращение платежей за потребленную электрическую энергию.

Методы и средства: метод упорядоченных диаграмм, метод коэффициента спроса, выбор трансформаторов ГПП по графику нагрузки; расчет потерь, обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии; чистый дисконтированный доход, технико-экономическое сравнение вариантов.

В процессе исследования произведен выбор метода расчета на основе исходных данных, поэтапный расчет электрических нагрузок завода и рассматриваемого цеха, выбор оборудования, его проверка при различных режимах работы, рассмотрены мероприятия по модернизации схемы электроснабжения, предложены варианты снижения затрат на сокращение потерь электроэнергии.

В результате исследования была проведена и предложена модернизация элементов системы электроснабжения промышленного предприятия, технико-экономически обоснованы варианты мероприятий по снижению энергозатрат и повышению энергоэффективности, проведен анализ опасных и вредных факторов с оценкой безопасности для окружающей среды.

Область применения: предприятия деревообрабатывающей промышленности с пыльной средой в производственных помещениях.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в снижении платежа за электроэнергию за счет внедрения энергосберегающих мероприятий.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
1.ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	6
2. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	10
2.1. Определение расчётной нагрузки цеха по изготовлению бильярдных столов	10
2.2. Определение осветительной нагрузки цеха по производству бильярдных столов №1.....	12
2.3. Определение расчетной нагрузки предприятия в целом	14
2.4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок	14
2.5. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций	18
2.6. Компенсация реактивной мощности на шинах 0,4 кВ цеховых трансформаторных подстанций и уточнение их нагрузки	20
2.7. Определение мощности батарей конденсаторов в сетях выше 1 кВ.....	20
2.8. Выбор трансформатора ГПП.....	22
2.9. Выбор трансформаторов ГПП по графику нагрузки	23
2.12. Расчет повышающего коэффициента , используемого к тарифу на услуги по передаче электрической энергии в зависимости от соотношения потребления активной и реактивной мощности	33
2.13. Схема внутризаводской сети 10 кВ	35
2.14. Схема внутризаводской сети 0,4 кВ	38
2.15. Расчет токов короткого замыкания в сети напряжением выше 1000 В	39
2.16. Выбор высоковольтного оборудования	43
2.17. Электроснабжение цеха по производству бильярдных столов №1	46
2.18. Распределение приемников по пунктам питания.....	47
2.19. Выбор сечений линий питающей сети цеха.....	48
2.20. Выбор сечений проводников и защитной аппаратуры напряжением до 1000кВ	48
2.21. Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В.....	49

2.23. Построение карты селективности действия аппаратов защиты	58
3. МЕРОПРИЯТИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	62
ЗАО «СИБСТАР».	62
3.1. Компенсация реактивной мощности на шинах 0,4 кВ цеховых трансформаторных подстанций	62
3.2. Замена силовых трансформаторов ТМН на энергосберегающие трансформаторы ТМГ на ГПП.	70
3.3. Замена силовых трансформаторов ТМ на энергосберегающие трансформаторы ТМГ на КТП № 9	81
3.4. Экономия ЭЭ за счет увеличения нагрузки рабочих машин	85
3.5. Экономия ЭЭ за счет замены незагруженных электродвигателей двигателями меньшей мощности	93
3.6. Замена приборов учета.....	98
3.7. Программа повышения энергоэффективности ЗАО «СИБСТАР»	105
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	111
4.1. Потенциальные потребители результатов исследования и анализ конкурентных технических решений.....	112
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	121
5.1. Описание рабочего места.....	121
5.2. Анализ опасных и вредных факторов	121
Нормативные документы.....	122
5.3. Производственная санитария	123
5.4. Воздух рабочей зоны.....	124
5.5. Защита от шума и вибрации	124
5.6. Электромагнитные поля.....	126
5.7. Освещение.....	127
5.8. Электробезопасность	129
5.8. Организационные мероприятия и правовые вопросы, обеспечивающие безопасность работ.....	133

5.9. Защита от случайного прикосновения	135
5.10. Защитное заземление	136
5.11. Зануление	136
5.12. Пожарная безопасность	136
5.13. Охрана окружающей среды.....	139
5.14. Чрезвычайные ситуации	141
5.15. Расчёт искусственного освещения.....	142
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	147
Список источников.....	149
Приложение А.....	152
Приложение Б	178
Приложение В.....	183
Приложение Г	184
Приложение Д.....	185
Приложение Е	186
Приложение Ж.....	190
Приложение З.....	191
Приложение И.....	192

ВВЕДЕНИЕ

Завод «Сибстар» - крупнейший российский производитель бильярдных и теннисных столов и аксессуаров. Главный офис и производство сосредоточены в Новосибирске, филиалы расположены в Москве, Санкт-Петербурге и Омске. Продажа столов производства завода «Сибстар» осуществляется через дилерскую сеть по всей России и странам СНГ.

Столы производства завода «Сибстар» давно заслужили признание как профессионалов, так и любителей данных видов спорта. Лучшее тому подтверждение – сертификат о соответствии продукции завода «Сибстар» самым жестким спортивным стандартам Федерации бильярдного и теннисного спорта России, многочисленные дипломы престижных российских и международных выставок.

Одним из приоритетных направлений деятельности компании являются поддержка и развитие российского бильярдного спорта. «Сибстар» тесно сотрудничает с Федерацией спорта России и является ее официальным партнером, принимает активное участие в организации и проведении крупнейших чемпионатов по бильярду в России и за ее пределами. Компания также выступает эксклюзивным техническим партнером ФБСР, предоставляя бильярдные столы для турниров различного уровня. Так, в ноябре 2009 года на столах производства завода "Сибстар" прошли игры чемпионата мира по бильярдному спорту "Свободная пирамида".

Данный завод предполагает наличие нагрузки как 2 так и 3 категории по степени надежности электроснабжения. В состав завода входят различные цеха, каждый из них выполняет отведенную ему роль. Установленная мощность завода более 6 МВт. Производство продукции осуществляется посменно, большинство цехов работает в 2 смены. Характеристика среды – пыльная.

Процесс выполнения дипломной работы предусматривает следующие этапы:

- Расчет нагрузки цеха по производству бильярдных столов методом упорядоченных диаграмм.
- Определение расчетной нагрузки предприятия в целом по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций, ГПП и линиях. Расчет производится отдельно для высоковольтных и низковольтных нагрузок методом коэффициента спроса.
- Построение картограммы электрических нагрузок с целью определения наиболее оптимального места расположения ГПП на территории предприятия.

- Расчет схемы внутризаводского электроснабжения. На данном этапе производится выбор и мощности цеховых трансформаторных подстанций и схемы их электроснабжения.

- Выбор напряжения питающей сети завода, сечение проводов, выбор мощности трансформаторов ГПП.

- Выбор напряжения питающей сети завода, сечение проводов, выбор мощности цеховых трансформаторов.

- Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000В для проверки правильности выбора сечений проводников.

- Расчет электроснабжения цеха по производству бильярдных столов, который включает в себя: распределение приемников по пунктам питания; определение расчетных нагрузок по пунктам питания; выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке и проверка их по потере напряжения; выбор силовой распределительной сети аппаратов защиты; построение эпюр отклонений напряжения от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП; расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000В для построения карты селективности действия защиты аппаратов.

- Модернизация системы электроснабжения завода путем замены оборудования, позволяющих снизить потери энергии, за счет чего идет экономия средств за электроэнергию и разработка программы энергосбережения.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» предполагается оценка величины затрат при замене силовых трансформаторов на энергосберегающие на отдельной трансформаторной подстанции.

Раздел «Социальная ответственность» предусматривает оценку условий труда, анализ вредных и опасных факторов, пожарной безопасности и охрану окружающей среды.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Таблица 1.1 – Сведения об электрических нагрузках завода «СИБСТАР»

№ п/п	Наименование цеха	Установленная мощность цеха, кВт	Кол-во смен
1	Административный корпус	700	2
2	Холодный склад	58	2
3	Цех по производству теннисных столов №1	390	2
4	Цех по производству теннисных столов №2	400	2
5	Сушильный цех №1	980	2
6	Сушильный цех №2	850	2
7	Цех обработки каменных плит №1	147	2
8	Цех обработки каменных плит №2	130	2
9	Цех по производству бильярдных столов №1	-	2
10	Цех по производству бильярдных столов №2	1100	2
11	Гараж	100	2
12	Котельная	800	2

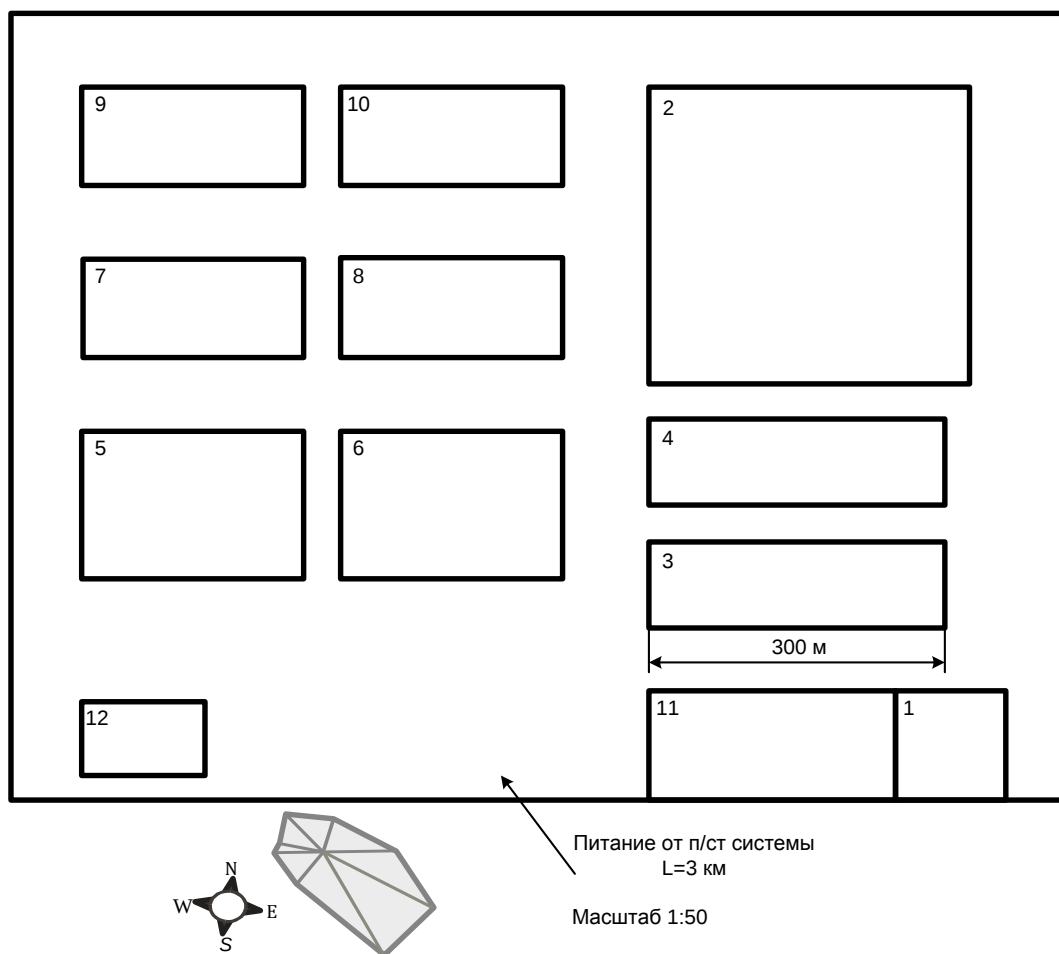


Рисунок 1.1 – Генплан завода «СИБСТАР»

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках цеха по производству бильярдных столов №1

Номер на плане	Наименование электроприемника	Тип	Кол-во, шт	Установленная мощность ЭП, Руст, кВт
Участок первичной машинной обработки массивной древесины				
Поток переработки хвойных материалов				
1	Станок торцовочный	ЦПА-40	1	16,2
2	Станок однопильный круглопильный	Ц-6	1	12
3	Шипорезный станок	ШС-1	1	23,1
4	Пресс торцевого давления	ПС-3М	1	11,64
5	Станок фрезерный	Ф-130	1	22,5
6	Четырехсторонний строгальный станок	GS-523	1	46,5
Поток переработки пиломатериалов лиственных пород				
7	Станок торцовочный	ЦМЭ-3Б	1	12
8-9	Станок однопильный круглопильный	Ц-6	2	12
10	Станок фуговальный	СФ4-1А	1	12
11	Четырехсторонний строгальный станок	GS-623U	1	61,8
Прессовый участок, промежуточная машинная обработка				
12-13	Вайма веерная	МУ-4500-6В	2	13,2
14	Форматно-обрезной станок	-	1	15
15-17	Станок фуговальный	СФ4-1А	3	12
18-19	Станок рейсмусовый	S 630	2	22,5
20	Пресс гидравлический горячего отверждения	NPS6/120	1	81
21-22	Станок однопильный круглопильный	Ц-6	2	12
23	Станок фрезерный	Ф-130	1	22,5
Участок обработки царг				
24	Обрабатывающий центр	Rovez 24	1	62,7
25	Фрезерный станок	Ф-4	1	12
Участок обработки ножек				
26-27	Токарный полуавтомат	C1-1500	2	31,5
28-29	Ленточно-шлифовальный полуавтомат по копиру	Prisma	2	18
30-31	Токарный станок ручной	-	2	25,5
32	Фрезерный станок для декорирования ножек	-	1	12
Участок раскроя листовых и плитных материалов				
33	Форматно раскроечный станок	Robland	1	13,65
34	Форматно раскроечный станок	Formula S35	1	18,75
35	Круглопильный ламельный станок	MJ153	1	18,75
Аксессуары				
36	Фуговальный станок	СФ4-1А	1	12
37	Рейсмусовый станок	CP6-9	1	28,8
38	Универсальный станок (фрезерный, круглопильный)	-	1	15
39	Станок фрезерный с шипорезной кареткой	ФСШ	1	16,5
40	Станок круглопильный однопильный	Ц-6	1	12

41	Колибровально-шлифовальный станок	-	1	24
42	Ленточно-шлифовальный полуавтомат по копиру	-	1	18
43	Ленточно-шлифовальный станок	ШлПС	1	12
44	Токарный станок	-	1	12
Участок изготовления бортов				
45	Станок сверлильно-присадочный восьмишпинд.		1	18
46	Станок фрезерный	-	1	18
47-49	Колибровально-шлифовальный станок	SR-P400	3	27
50-51	Станок ленточно-шлифовальный	ШлПС	2	12
52	Станок для усовой торцовки		1	21
53	Станок фуговальный	СФ4-1А	1	12
Участок раскроя гофрокартона				
54-55	Станок однопильный круглопильный	Ц-6	2	12
Сборочный участок				
56	Станок кромкооблицовочный		1	24
57	Станок фуговальный	Elektra beckum	1	9
Отделение наклеивания пластика на борта				
58	Постфоринг	-	1	9
59	Станок круглопильный	-	1	12
Отделочный участок				
60-61	Кабина распылительная	MF9240E	2	18
62	Кабина распылительная	MF9230E	1	15,6
63-66	Вентилятор		4	12

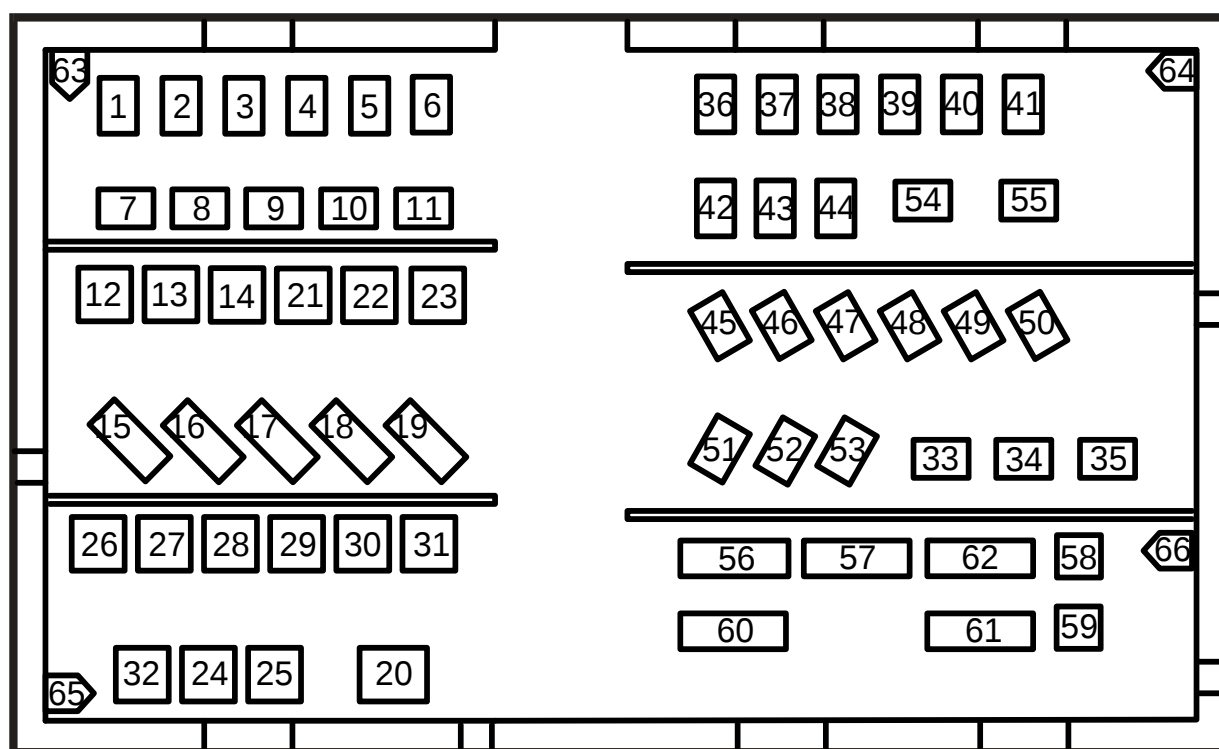


Рисунок 1.2 – План цеха по производству бильярдных столов №1

Таблица 1.3 – Характеристика среды производственных помещений и категории электроприемников по степени бесперебойности электроснабжения

№	Наименование цеха	Характеристика среды	Категория ЭП	Кс	cos(φ)
1	Административный корпус	нормальная	III	0,5	0,9
2	Холодный склад	нормальная	III	0,4	0,8
3	Цех по производству теннисных столов №1	пыльная	III	0,25	0,7
4	Цех по производству теннисных столов №2	пыльная	III	0,25	0,7
5	Сушильный цех №1	нормальная	III	0,35	0,8
6	Сушильный цех №2	нормальная	III	0,35	0,8
7	Цех обработки каменных плит №1	пыльная	III	0,4	0,75
8	Цех обработки каменных плит №2	пыльная	III	0,4	0,75
9	Цех по производству бильярдных столов №1	пыльная	III	0,35	0,7
10	Цех по производству бильярдных столов №2	пыльная	III	0,35	0,7
11	Гараж	нормальная	III	0,3	0,7
12	Котельная	жаркая	II	0,6	0,8

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5E	Здвижкова Наталья Александровна

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Суммарные приведенные затраты, годовой платеж за электроэнергию по двухставочному тарифу, суммарные издержки и капиталовложения
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Определение ресурсоэффективности при замене оборудования
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Расчет показателей эффективности при ставке дисконтирования 10%
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Годовая экономия, выгодность реализации проекта, сроки окупаемости, чистый дисконтированный доход, индекс доходности
2. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Затраты на покупку и установку, экономия и выгода от реализации проекта, сроки окупаемости
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5E	Здвижкова Наталья Александровна		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не только масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-

исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

4.1. Потенциальные потребители результатов исследования и анализ конкурентных технических решений

Завод «Сибстар» - крупнейший российский производитель бильярдных и теннисных столов и аксессуаров. Главный офис и производство сосредоточены в Новосибирске, филиалы расположены в Москве, Санкт-Петербурге и Омске. Продажа столов производства завода «Сибстар» осуществляется через дилерскую сеть по всей России и странам СНГ.

Цель проекта: модернизировать существующую систему электроснабжения предприятия путем внедрения в нее возобновляемых источников энергии, выполнить оценку экономической эффективности спроектированной системы электроснабжения.

Для достижения цели использованы расчетные и графоаналитические методы, пакет вспомогательной программы Excel, вероятностные расчеты.

Спроектированная система электроснабжения базируется на использовании современного оборудования. Электроснабжение комплекса производится от внешней сети через ГПП. Внедрение в существующую систему нового оборудования играет большую роль в ресурсоэффективности и ресурсосбережении.

Определение суммарных приведенных затрат традиционного варианта электроснабжения

В данном пункте необходимо произвести расчет суммарных приведенных затрат на замену силового трансформатора ТМН на энергосберегающий трансформатор ТМГ на КТП №9. На основании этих данных можно определить экономию, которая выйдет за счет уменьшения потерь энергии в трансформаторах.

Также производим расчёт эффективности инвестиций, который представляет собой описание ожидаемых экономических результатов от запланированных капитальных вложений. Эффективность инвестиционных проектов характеризуется системой показателей:

1. чистый дисконтированный доход (ЧДД) или интегральный доход;
2. индекс доходности (ИД);
3. внутренняя норма доходности (ВДН);
4. срок окупаемости (Ток).

Определение суммарных приведенных затрат трансформаторов

Параметры силовых трансформаторов ТМ 1000/10 и ТМГ 1000/10 представлены в таблице 1 [1].

Таблица 4.1.1 – Параметры трансформаторов ТМ 1000/10 и ТМГ 1000/10

Тип	S _{ном.тр} , кВА	U _{ном} , кВ		U _{кз} , %	ΔP _{кз} , кВт	ΔP _{хх} , кВт	I _{хх} , %
		ВН	НН				
ТМ-1000/10	1000	10	0,4	6,5	11,6	1,9	2
ТМГ-1000/10	1000	10	0,4	5,5	10,2	1,55	2

Рассчитываем по алгоритму приведенные потери мощности и электроэнергии в трансформаторах.

До замены трансформаторов ТМ-1000/10 на ТМГ-1000/10

Потери мощности в трансформаторе ТМ – 1000 / 10,

$$\Delta P_{1000}^1 = \Delta P_{хх1} + k_{загр}^2 \cdot \Delta P_{кз1} = 1,9 + 0,29^2 \cdot 11,6 = 2,85, \text{ кВт}$$

где $k_{загр} = \frac{S_{\phi 1}}{S_{H.T1}}$ – коэффициент загрузки трансформатора.

После замены трансформаторов ТМ-1000/10 на ТМГ-1000/10

Потери мощности в трансформаторе ТМГ – 1000 / 10,

$$\Delta P_{1000}^2 = \Delta P_{хх2} + k_{загр}^2 \cdot \Delta P_{кз2} = 1,55 + 0,29^2 \cdot 10,2 = 2,39, \text{ кВт}$$

где $k_{загр} = \frac{S_{\phi 1}}{S_{H.T1}}$ – коэффициент загрузки трансформатора.

Расчет потерь в трансформаторах до и после замены представлен в таблице.

Таблица 4.1.2 – Потери мощности в трансформаторах до и после замены

S _{T1} , кВА ТМ-1000/10	k _{загр1}	ΔP _{T1} , кВт	S _{T2} , кВА ТМГ-1000/10	k _{загр2}	ΔP _{T2} , кВт
286,76	0,29	2,85	286,76	0,29	2,39
286,76	0,29	2,85	286,76	0,29	2,39
286,76	0,29	2,85	286,76	0,29	2,39
286,76	0,29	2,85	286,76	0,29	2,39
286,76	0,29	2,85	286,76	0,29	2,39
286,76	0,29	2,85	286,76	0,29	2,39
286,76	0,29	2,85	286,76	0,29	2,39
286,76	0,29	2,85	286,76	0,29	2,39
626,60	0,63	6,45	626,60	0,63	5,55
626,60	0,63	6,45	626,60	0,63	5,55
589,00	0,59	5,92	589,00	0,59	5,09
501,28	0,50	4,81	501,28	0,50	4,11

S _{T1} , кВА ТМ-1000/10	k _{загр1}	ΔP _{T1} , кВт	S _{T2} , кВА ТМГ-1000/10	k _{загр2}	ΔP _{T2} , кВт
348,30	0,35	3,31	348,30	0,35	2,79
472,67	0,47	4,49	472,67	0,47	3,83
583,54	0,58	5,85	583,54	0,58	5,02
548,26	0,55	5,39	548,26	0,55	4,62
485,73	0,49	4,64	485,73	0,49	3,96
511,99	0,51	4,94	511,99	0,51	4,22
566,28	0,57	5,62	566,28	0,57	4,82
529,85	0,53	5,16	529,85	0,53	4,41
594,45	0,59	6,00	594,45	0,59	5,15
566,01	0,57	5,62	566,01	0,57	4,82
431,21	0,43	4,06	431,21	0,43	3,45
344,62	0,34	3,28	344,62	0,34	2,76
344,62	0,34	3,28	344,62	0,34	2,76

Время использования максимальной нагрузки, ч:

Для трансформатора ТМ-1000/10 и ТМГ-1000/10:

$$T_{\max} = \frac{S_{\text{год}}}{S_{\max}} = \frac{10678,33 \cdot 365}{626,6} = 6220,25 \text{ ч}$$

Время максимальных потерь:

$$\tau_{\max} = \left(0,124 + \frac{T_{\max}}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{6220,25}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 4875,41 \text{ ч.}$$

Распределение числа часов максимальных потерь пропорционально продолжительности ступеней графика нагрузки определяем через пропорцию:

$$T_{\text{год}} \rightarrow \tau_{\max}$$

$$T_i \rightarrow \tau_i = x$$

$$\tau_i = \frac{\tau_{\max} \cdot T_i}{T_{\text{год}}} = \frac{4875,41 \cdot 730}{8760} = 406,28 \text{ ч.}$$

Потери электроэнергии в каждом трансформаторе, кВтч

$$\Delta W^1 = \Delta P_{\text{xx1}} \cdot T_i + k_{\text{загр1i}}^2 \cdot \Delta P_{\text{кз1}} \cdot \tau_{\max i} = 1,9 \cdot 2555 + 0,29^2 \cdot 11,6 \cdot 1421,99 = 6210,93$$

$$\Delta W^2 = \Delta P_{\text{xx2}} \cdot T_i + k_{\text{загр2i}}^2 \cdot \Delta P_{\text{кз2}} \cdot \tau_{\max i} = 1,55 \cdot 2555 + 0,29^2 \cdot 10,2 \cdot 1421,99 = 5152,98$$

Все расчеты сведены в таблицу.

Таблица 4.1.3 – Расчетные параметры потерь энергии в трансформаторах

S_1 , кВА	T_i , ч	τ_i , ч	$k_{загр1}$	ТМ- 1000/10	ТМГ- 1000/10
				ΔW_1 , кВтч	ΔW_2 , кВтч
286,76	2555	1421,99	0,29	6210,93	5152,975
344,62	730	406,28	0,34	1946,72	1623,668
348,30	365	203,14	0,35	979,37	817,1165
431,21	365	203,14	0,43	1131,65	951,0232
472,67	365	203,14	0,47	1219,97	1028,677
485,73	365	203,14	0,49	1249,47	1054,616
501,28	365	203,14	0,50	1285,63	1086,413
511,99	365	203,14	0,51	1311,22	1108,913
529,85	365	203,14	0,53	1355,05	1147,462
548,26	365	203,14	0,55	1401,81	1188,577
566,28	730	406,28	0,57	2898,30	2460,401
583,54	365	203,14	0,58	1495,91	1271,315
589,00	730	406,28	0,59	3052,42	2595,92
626,60	730	406,28	0,63	3237,40	2758,572
				28775,84	24245,65

Стоимость одного трансформатора ТМГ 1000/10 составляет 470000 рублей.

Стоимость потерь электрической энергии в трансформаторе до замены:

$$C_{\text{пот.тр}} = \Delta W_{1\Sigma} \cdot \Delta C_{\text{э}} = 28775,84 \cdot 0,128 = 3,7 \text{ тыс.руб.};$$

где $\Delta P_{\text{кз}}$, $\Delta P_{\text{хх}}$ – каталожные данные трансформатора, кВт [30]; $T_{\text{вкл}}=8760$ ч – число часов работы трансформатора в течение года; k_3 – коэффициент загрузки трансформатора.

Стоимость потерь электрической энергии в трансформаторе после замены:

$$C_{\text{пот.тр}} = \Delta W_{1\Sigma} \cdot \Delta C_{\text{э}} = 24245,65 \cdot 0,128 = 3,1 \text{ тыс.руб.};$$

Стоимость амортизационных отчислений до замены трансформаторов ТМ-1000/10 на ТМГ-1000/10:

$$C_{\text{ам}} = E_{\text{ам}} \cdot K_{\text{тр}} = 0,06 \cdot 230000 = 13,8 \text{ тыс.руб.};$$

где $K_{\text{тр}}$ – стоимость трансформатора ТМ-10000/35/10, тыс.руб. $E_{\text{ам}}=6$ % - коэффициент амортизационных отчислений.

Стоимость амортизационных отчислений после замены трансформаторов ТМ-1000/10 на ТМГ-1000/10:

$$C_{ам} = E_{ам} \cdot K_{тр} = 0,06 \cdot 470000 = 28,2 \text{ тыс.руб.};$$

Стоимость обслуживания трансформатора до замены:

$$C_{обсл} = E_{обсл} \cdot K_{тр} = 0,03 \cdot 230000 = 6,9 \text{ тыс.руб.};$$

где $E_{обсл} = 3\%$ - коэффициент, учитывающий затраты на обслуживание трансформатора [35].

Стоимость обслуживания трансформатора после замены:

$$C_{обсл} = E_{обсл} \cdot K_{тр} = 0,03 \cdot 470000 = 14,1 \text{ тыс.руб.};$$

Рассчитаем суммарные приведенные затраты для трансформатора ТМ-1000/10 кВ.

$$Z_{тр1000} = 0,193 \cdot 230000 = 44,4 \text{ тыс.руб.};$$

Рассчитаем суммарные приведенные затраты для трансформатора ТМГ-1000/10 кВ.

$$Z_{тр1000} = 0,193 \cdot 470000 = 90,7 \text{ тыс.руб.};$$

Суммарные издержки на установку трансформатора ТМ-1000/10:

$$И_{тр1} = C_{пот.тр} + C_{ам} + C_{обсл} = 3,7 + 6,9 + 13,8 = 24,4 \text{ тыс.руб.};$$

Суммарные издержки на установку трансформатора ТМГ-1000/10:

$$И_{тр2} = C_{пот.тр} + C_{ам} + C_{обсл} = 3,1 + 14,1 + 28,2 = 42,3 \text{ тыс.руб.};$$

Расчетную себестоимость передачи электроэнергии по сетям системы электроснабжения, руб./кВтч, можно определить по формуле:

В первом случае:

$$S_{расч1} = \frac{И_{тр1}}{P_{max} \cdot T_{max}} = \frac{24400}{532,54 \cdot 6000} = 0,008 \text{ руб./кВтч};$$

Во втором случае:

$$S_{расч2} = \frac{И_{тр2}}{P_{max} \cdot T_{max}} = \frac{42300}{3883,91 \cdot 6000} = 0,013 \text{ руб./кВтч};$$

где: P_{max} - максимальная нагрузка предприятия, кВт. T_{max} - число часов использования максимальной нагрузки в году, ч.

Далее необходимо определить годовой платеж за электроэнергию по данному варианту электроснабжения.

Двухставочный тариф [Приказ №6-766 от 31.12.2015 об утверждении единых тарифов на услуги по передачи электрической энергии по электрическим сетям на территории Томской области на 2016 год]:

Годовой платеж за электроэнергию по двухставочному тарифу при старом трансформаторе:

$$\Pi_1^{(2)} = N \cdot P_{\max} \cdot T^M + W_{\text{годКТП}} \cdot (T^{(2)} + S_{\text{расч1}}) = 365 \cdot 532,54 \cdot 3,73 + 3104325 \cdot (3,28 + 0,008) = 10917,7 \text{ тыс.руб.}$$

где N - кол-во месяцев в году; $P_{\max}$ - максимальная нагрузка ЭП 1 и 2 категории, кВт; $W_{\text{год}}$ - кол-во электроэнергии, выработанной на КТП за год, кВтч; $T^{(2)} = 3,276$ р./кВт·ч. - ставка за электроэнергию; $T^M = 3,72599$ р./кВт – ставка за мощность за сутки.

Годовой платеж за электроэнергию по двухставочному тарифу при новом трансформаторе:

$$\Pi_1^{(2)} = N \cdot P_{\max} \cdot T^M + W_{\text{годКТП}} \cdot (T^{(2)} + S_{\text{расч1}}) = 365 \cdot 532,54 \cdot 3,73 + 3104325 \cdot (3,28 + 0,013) = 10935,1 \text{ тыс.руб.}$$

Теперь необходимо определить чистую текущую стоимость проекта (или ЧДД). Основная идея показателя чистой текущей стоимости проекта заключается в том, чтобы найти соотношение между инвестиционными затратами и будущими доходами, выраженное в скорректированной во времени денежной величине.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) или интегральный доход находим по формуле

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^n \frac{(3_{\text{тр2}} - 3_{\text{тр1}})}{(1+r)^t} - K \cdot k_m = \frac{(90700 - 44400)}{(1+0,11)^0} - 470000 \cdot 1,2 = -517680 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^n \frac{(3_{\text{тр2}} - 3_{\text{тр1}}) + \mathcal{E}_{\text{ЭЭ}}}{(1+r)^t} - K \cdot k_m = \frac{(42300 - 24400) + 17406,9}{(1+0,11)^1} + \frac{(42300 - 24400) + 17406,9}{(1+0,11)^1} - 470000 \cdot 1,2 = -460268 \text{ руб.}$$

Где t - порядковый номер года эксплуатации оборудования; r - норма дисконта, 11% [23]; n - количество лет в проекте; $\mathcal{E}_{\text{ЭЭ}}$ - экономия средств за электроэнергию; K - капитальные затраты; k_m - коэффициент монтажа.

Индекс доходности (PI) определяем по формуле

$$\text{ИД} = \sum_{t=1}^n \frac{\frac{(3_{\text{тр2}} - 3_{\text{тр1}}) + \mathcal{E}_{\text{ЭЭ}}}{(1+r)^t}}{K \cdot k_m} = \frac{\frac{(90700 - 44400) + 17406,9}{(1+0,11)^0}}{470000 \cdot 1,2} + \frac{\frac{(90700 - 44400) + 17406,9}{(1+0,11)^1}}{470000 \cdot 1,2} + \dots + \frac{\frac{(90700 - 44400) + 17406,9}{(1+0,11)^{30}}}{470000 \cdot 1,2} = 1,1 \geq 1$$

Окупаемость инвестиций $T_{\text{ок}}$ (PP), или срок возврата средств, находится из равенства: $T_{\text{ок}} = K \cdot k_m / \sum_{t=1}^n \frac{(3_{\text{тр2}} - 3_{\text{тр1}}) + \mathcal{E}_{\text{ЭЭ}}}{(1+r)^t} = 12,2$ года

Внутренняя норма доходности ВНД (IRR) равна ставке дисконтирования $г$, при которой чистый дисконтированный доход (ЧДД) проекта равен нулю.

$$E_{\text{вн}} = E_1 + \text{ЧДД}_1 / (\text{ЧДД}_1 - (-\text{ЧДД}_2)) \cdot (E_2 - E_1) = 0,1 - 517680 / (-517680 + 46268) \cdot (0,2 - 0,1) = 5,3$$

Для расчёта дисконтированного дохода определим норму дисконта:

$$E = \left(\frac{1+t}{1+i} \right) + p, \text{ где } t - \text{ставка рефинансирования, объявленная ЦБ РФ на данный период, } 11\%; i - \text{темпы}$$

инфляции, объявленный Правительством РФ на данный период, 6% ; p – поправка на предпринимательский риск в зависимости от целей проекта.

Величина p может быть принята 5% ;

$$E = \left(\frac{1+0,11}{1+0,06} - 1 \right) + 0,05 = 0,097 \text{ или } 9,7 \% \approx 10 \%.$$

ЧДД и ИД приведены к первому году и все расчеты представлены в таблице 4.1.4., по которой видно, что чистый дисконтированный доход с 23 года имеет положительные значения, что говорит о прибыли. Так же внутренняя норма доходности превышает единицу. Таким образом можно говорить об эффективности проекта.

Таблица 4.1.4 – Показатели эффективности при ставке дисконтирования 0,1

Период, год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кап.влож., руб	564000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Доход, руб	0	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9
Суммар. KB, руб	564000	564000	564000	564000	564000	564000	564000	564000	564000	564000
Суммар. доход, руб	0	63726,9	127453,8	191180,7	54907,6	318634,5	382361,4	446088,3	509815,2	573542,1
Дисконт.суммар.Д	0	103731,6	155453,8	202050,4	244029,3	281848,1	315919,1	346613,7	374266,5	399178,9
ЧДД	-517680	-460268	-408546	-361950	-319971	-282152	-248081	-217386	-189734	-164821
ИД	0	0,1839	0,2756	0,3582	0,4327	0,4997	0,5601	0,6146	0,6636	0,7078

Продолжение таблицы 4.1.4

Период, год	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Кап.влож., руб	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Доход, руб	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9
Суммар. KB, руб	564000	564000	564000	564000	564000	564000	564000	564000	564000	564000
Суммар. доход, руб	1274538	1338265	1401992	1465719	1529446	1593173	1656900	1720626	1784353	1848080
Дисконт.суммар.Д	421622,5	441842	460057,8	476468,3	491252,7	504571,9	516571,1	527381,3	537120,2	545894
ЧДД	-142377	-122158	-103942	-87531,7	-72747,3	-59428,1	-47428,9	-36618,7	-26879,8	-18106
ИД	0,7476	0,7834	0,8157	0,8448	0,8710	0,8946	0,9159	0,9351	0,9523	0,9679

Продолжение таблицы 4.1.4

Период, год	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Кап.влож.,руб	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Доход,руб	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9	63726,9
Суммар. KB, руб	564000	564000	564000	564000	564000	564000	564000	564000	564000	564000
Суммар. Доход, руб	348138	365544,9	382951,8	400358,7	417765,6	435172,5	452579,4	469986,3	487393,2	504800,1
Дисконт.суммар.Д	553798,2	560919,2	567334,5	573114,1	578320,9	583011,7	587237,7	591044,8	594474,7	597564,7
ЧДД	-10201,8	-3080,7	3334,5	9114,1	14320,9	19011,7	23237,7	27044,8	30474,7	33564,7
ИД	0,9819	0,9945	1,0059	1,0162	1,0254	1,0337	1,0412	1,0480	1,0540	1,0595

