

Министерство Образования и Науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт электронного обучения
 Специальность 140211.65 «Электроснабжение»
 Кафедра Электроснабжения промышленных предприятий

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
Электроснабжение производственных объектов станкостроительного завода ООО «ССЗ» г. Симбирск

УДК _621.31.031:622.002:658.26(470.42)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9301	Завьялов В. А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сурков М. А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Кузьмина Н. Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович. Ю. А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Завьялов В.М.	д.т.н.		

Томск – 2016 г.

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

Институт Энергетический
Направление подготовки 140211.65 – «Электроснабжение»
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

УТВЕРЖДАЮ:
И.о.зав. кафедрой ЭПП

(Подпись) (Дата) Завьялов В.М.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
З–9301	Завьялов Василий Андреевич

Тема работы:

Электроснабжение производственных объектов станкостроительного завода ООО «ССЗ»
г. Симбирск.

Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 22.04.2016 г. № 3148/с
---	---------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	июнь 2016 года.
--	-----------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	Получены по материалам преддипломной практики
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общие сведения о предприятии 2. Определение расчетной нагрузки цеха 3. Определение расчетной нагрузки предприятия 4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок 5. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов 6. Компенсация реактивной мощности 7. Схема внешнего электроснабжения 8. Схема внутривзаводской сети выше 1000 В 9. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В 10. Выбор и проверка оборудования в сети выше 1000 В 11. Электроснабжение цеха 12. Выбор защитных аппаратов и сечений линий, питающих распределительные пункты и электро-приемники 13. Построение эпюры отклонения напряжения 14. Расчет токов короткого замыкания в сети до 1000 В 15. Построение карты селективности действия аппаратов защиты 16. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 17. Социальная ответственность
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Генплан предприятия. Распределение электроэнергии 2. Картограмма нагрузок 3. Схема электрическая принципиальная 4. Схема силовой сети компрессорной станции №2 5. Электроснабжение компрессорной станции №2. Однолинейная схема 6. Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Ст. преподаватель, Кузьмина Наталия Геннадьевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Доцент, к.т.н., Амелькович Юлия Александровна</p>
<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>22.04.2016 года.</p>

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сурков Михаил Александрович	Доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9301	Завьялов Василий Андреевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 148с., 13 рис., 27 табл.,
40источников, 14 прил.

Ключевые слова: электроснабжение, линия, завод, трансформатор, подстанция, электро-приемник, нагрузка, оборудование, ток, напряжение.

Объектом изучения является электрическая часть «Симбирского станкостроительного завода».

Целью дипломной работы является, проектирование схемы электроснабжения предприятия, выбор оборудования.

Процесс прохождения практики на изучаемом объекте, включил в себя сбор исходных данных по предприятию.

По результатам исследования создана схема по электроснабжению от подстанции энергосистемы, до конечного электро-приемника. Произведён выбор: коммутационных оборудований, кабеля и проводов, а также сделаны необходимые проверки. В работе отражен экономический расчет на капитальные затраты для реализации принятой схемы. Соблюдены условия безопасности труда для рабочего персонала на предприятии промышленного характера.

В основе конструктивных, технологических и технико-эксплуатационных характеристиках состоит схема электроснабжения из воздушных и кабельных линий электропередачи. Воздушные линии электропередач, располагаются на опорах, кабельные линии, на эстакадах и

лотках. По степени бесперебойности питания схема проста и надёжна, а значит, пригодна для эксплуатации.

Работа всего предприятия, напрямую зависит от правильно собранной схемы электроснабжения.

1 Исходные данные

Таблица 1.1 – Сведения об электрических нагрузках, степени надежности и среде производственных помещений

№ по плану	Наименование цеха	Число смен	Категория ЭП	Среда	Установленная мощность, кВт
1	Ремонтно-механический цех	3	II	<i>нормальная</i>	1157,48
2	Термический цех	3	II	Пожаро- и взрыво-опасная	900
3	Литейный цех	3	II	пыльная	2800
4	Насосная Насосная (6 кВ)	3	II	влажная	500 1500
5	Компрессорная Компрессорная (6 кВ)	3	II	пыльная	300 1500
6	Электроцех	3	II	нормальная	500
7	Склад готовой продукции	3	III	нормальная	120
8	Сборочный цех	3	II	нормальная	1350
9	Токарно-механический цех	2	II	пыльная	1700
10	Кузнечный цех	2	II	пыльная	1150
11	Инструментальный цех	2	II	пыльная	500
12	Склад оборудования и материалов	3	III	нормальная	80
13	Гараж и пожарное депо	3	II	влажная	180
14	Медпункт	2	III	нормальная	150
15	Заводоуправление	3	III	нормальная	90
16	Столовая	2	III	нормальная	210
17	Центральная заводская лаборатория	3	III	нормальная	300

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	Трансформатор сварочный ПВ=40%	35.0	0.35	0.50	1.73	0.98	3	93.0	279.1
19	Трансформатор сварочный ПВ=40%	35.0	0.35	0.50	1.73	0.98	3	93.0	279.1
20	Трансформатор сварочный ПВ=40%	35.0	0.35	0.50	1.73	0.98	3	93.0	279.1
21	Вытяжка	2.5	0.75	0.80	0.75	0.89	5	5.3	26.7
22	Вытяжка	5.0	0.75	0.80	0.75	0.89	5	10.7	53.3
23	Вытяжка	2.5	0.75	0.80	0.75	0.89	5	5.3	26.7
24	Трансформатор сварочный ПВ=40%	35.0	0.35	0.50	1.73	0.98	3	93.0	279.1
25	Трансформатор сварочный ПВ=40%	35.0	0.35	0.50	1.73	0.98	3	93.0	279.1
26	Трансформатор сварочный ПВ=40%	35.0	0.35	0.50	1.73	0.98	3	93.0	279.1
27	Вытяжка	2.5	0.75	0.80	0.75	0.89	5	5.3	26.7
28	Вытяжка	2.5	0.75	0.80	0.75	0.89	5	5.3	26.7
29	Вытяжка	5.0	0.75	0.80	0.75	0.89	5	10.7	53.3
30	Сварочный агрегат ПВ=40%	15.0	0.35	0.50	1.73	0.98	3	49.6	148.8
31	Сварочный агрегат ПВ=40%	15.0	0.35	0.50	1.73	0.98	3	49.6	148.8
32	Пресс гидравлический	12.0	0.25	0.65	1,17	0,89	5	31.5	157.6
33	Пресс гидравлический	12.0	0.25	0.65	1,17	0,89	5	31.5	157.6
34	Пресс гидравлический	12.0	0.25	0.65	1,17	0,89	5	31.5	157.6
35	Пресс гидравлический	12.0	0.25	0.65	1,17	0,89	5	31.5	157.6
36	Печь сопротивления	20.0	0.80	0.95	0.33	0.95	1	33.7	-
36	Печь сопротивления	20.0	0.80	0.95	0.33	0.95	1	33.7	-
37	Вытяжка	6.0	0.75	0.80	0.75	0.89	5	12.8	64.0

Продолжение таблицы 1.2

38	Муфельная печь	2,2	0,55	0,95	0,33	0,95	1	15,1	-
39	Муфельная печь	2,2	0,55	0,95	0,33	0,95	1	15,1	-

Генплан предприятия представлен в [Приложении К].

Схема силовой цепи рассматриваемого цеха с расположением электрического оборудования представлен в [Приложении М].

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-9301	Завьялов Василий Андреевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭСП
Уровень образования		Направление/специальность	140211.65

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): <i>материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	...
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	...
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка сметной стоимости на проектирование	Расчет сметы затрат на проектирование
2. Формирование плана и графика разработки	Формирование плана и графика разработки ИР
3. Оценка сметной стоимости на оборудование	Расчет сметы затрат на оборудование

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.04.2016
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Н.Г.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9301	Завьялов В. А.		

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 Общие сведения

Симбирский станкостроительный завод.

Опытно-конструкторский завод металлорежущих станков.

Капитальные вложения в электрооборудование – это в первую очередь, стоимость электрооборудования и стоимость строительно-монтажных работ.

Смета – это документ, определяющий окончательную и предельную стоимость реализации проекта. Смета служит исходным документом капитального вложения, в котором определяются затраты, необходимые для выполнения полного объема необходимых работ.

Исходными материалами для определения сметной стоимости строительства объекта служат данные проекта по составу оборудования, объему строительных и монтажных работ; прейскуранты цен на оборудование и строительные материалы; нормы и расценки на строительные и монтажные работы; тарифы на перевозку грузов; нормы накладных расходов и другие нормативные документы.

Решение о проектировании электроснабжения принимается на основе технико-экономического обоснования.

На основе утвержденного ТЭО заказчик заключает договор с проектной организацией на проектирование и выдает ей задание, которое содержит:

1. Генплан предприятия;
2. Расположение источника питания;
3. Сведения об электрических нагрузках;
4. План размещения электроприемников на корпусах;
5. Площадь корпусов и всей территории завода.

Различают две стадии проектирования:

- а) Технический проект;
- б) Рабочий чертеж.

Если проектируемый объект в техническом отношении не сложный, то обе стадии объединяются в одну – технорабочий проект.

7.2 Смета на проектирование

Для того, чтобы выполнить расчет затрат на проектирование электроснабжения объекта в срок при наименьших затратах средств, составляется план-график, в котором рассчитывается поэтапная трудоемкость всех работ. После определения трудоемкости всех этапов темы, назначается число участников работы по этапам (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – План разработки выполнения этапов проекта

№ п/п	Перечень выполненных работ	Исполнители	Прод-сть, дн.	СЗП, руб.	ЗП, руб.
1	Ознакомление с производственной документацией. Постановка задачи работникам	Рук-ль проекта	2	1700	3400
		Инженер	4	986	3944
2	Расчет электрических нагрузок по цеху	Инженер	5	986	4930
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Инженер	8	986	7888
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Инженер	2	986	1972
5	Выбор трансформаторов цеховых подстанций. Техничко-экономический расчет компенсирующих устройств	Инженер	3	986	2958
6	Выбор трансформаторов ГПП. Техничко-экономический расчет схемы внешнего электроснабжения	Инженер	3	986	2958
7	Расчет внутривзаводской сети предприятия	Инженер	10	986	9860
8	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.	Инженер	3	986	2958
9	Выбор электрооборудования в сети выше 1000 В	Инженер	2	986	1972
10	Расчет схемы электроснабжения цеха	Инженер	12	986	11832
11	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	Инженер	2	986	1972
12	Расчет молниезащиты	Инженер	3	986	2958
13	Расчет релейной защиты и автоматики	Инженер	3	986	2958
14	Расчет эпюры отклонений напряжения	Инженер	3	986	2958
15	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Инженер	2	986	1972
16	Социальная ответственность	Инженер	3	986	2958
17	Составление расчетно-пояснительной записки	Рук-ль проекта	3	1700	5100
		Инженер	15	986	14790
18	Чертежные работы	Рук-ль проекта	3	1700	5100
		Инженер	17	986	16762
Итого по каждой должности		Рук-ль проекта	8	1700	13600
		Инженер	100	986	98600
Итого ФЗП сотрудников					112200

Затраты на разработку проекта

$$K_{пр} = I_{зп} + I_{мат} + I_{ам} + I_{со} + I_{пр} + I_{накл},$$

где Изп – заработная плата;

Имат – материальные затраты;

Иам – амортизация компьютерной техники;

Исо – отчисления на социальные нужды;

Ипр – прочие затраты;

Инакл – накладные расходы.

1) Расчет зарплаты

а) Месячная зарплата руководителя проекта

$$I_{зн}^{мес} = ЗП_о + K_1 + Д \cdot K_2 = 23300,0 \cdot 1,1 + 2200 \cdot 1,3 = 36179,0 \text{ руб.мес.}$$

где ЗПо – месячный оклад;

Д – доплата за интенсивность труда (2200);

K1 – коэффициент, учитывающий отпуск (10% от ЗПо);

K2 – районный коэффициент (1,3 для Томской области).

Зарплата руководителя с учетом фактически отработанных дней

$$I_{зн}^ф = \frac{I_{зн}^{мес}}{21} \cdot n = \frac{36179,0}{21} \cdot 6,0 = 10336,8 \text{ руб.}$$

где n – количество отработанных дней по факту.

б) Месячная зарплата инженера

$$I_{зн}^{мес} = ЗП_о \cdot K_1 \cdot K_2 = 14500,0 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 20735,0 \text{ руб.мес.}$$

Зарплата инженера с учетом фактически отработанных дней

$$I_{зн}^ф = \frac{I_{зн}^{мес}}{21} \cdot n = \frac{20735,0}{21} \cdot 99,0 = 97750,7 \text{ руб.}$$

в) Итого ФЗП сотрудников

$$\Phi ЗП = 10385,1 + 97750,7 = 108135,9 \text{ руб.}$$

Расчет ФЗП приведен в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Расчет ФЗП

Должность	ЗПо, руб	Д, руб	К1	К2	Изп ,руб мес	Средняя зарплата за один день, руб.	n	ФЗП, руб
Доцент, 15р	23300,0	2200	1,1	1,3	36348,0	1700	6,0	10336,8
Инженер, 10р	14500,0	-	1,1	1,3	20735,0	986	99,0	97750,7
Итого	37800,0	-	-	-	57083,0	-	-	108087,5

2) Материальные затраты

Таблица 7.3 – Затраты на материалы

Материалы	Количество	Цена за единицу, руб	Им, руб
Флешпамять	1	550,0	550,0
Упаковка бумаги А4 500 листов	1	186,0	186,0
Канцтовары	-	674,0	674,0
Картридж для принтера	1	2500,0	2500,0
Итого Иमत, руб	-	-	3910,0

3) Амортизация основных фондов

Основной объем работы был произведен на персональных компьютерах

$$I_{ам} = \frac{T_{исп.КТ}}{T_{кал}} \cdot Ц_{КТ} \cdot \frac{1}{T_{сл}} = \frac{50}{365} \cdot 20000,0 \cdot \frac{1}{5} = 544 \text{ руб.}$$

Где: Тисп.КТ – время использования компьютерной техники на проект;

$T_{кал} = 365$ – годовой действительный фонд рабочего времени используемого оборудования;

ЦКТ – первоначальная стоимость оборудования, руб.;

$T_{сл}$ – срок службы компьютерной техники (время окупаемости 5 лет).

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу 7.4.

Таблица 7.4 – Амортизация основных фондов

Оборудование	Стоимость, руб	Количество	Тэ, дней	Иам, руб
Компьютер	20000	1	50	544
Принтер	5000	1	10	27.4
Итого Иам, руб	-	-	-	571.4

4) Отчисления на социальные нужды (соц. страхование, пенсионный фонд, медицинская страховка) в размере 30% от ФЗП

$$I_{co} = 0,3 \cdot 108135,9 = 32440,8 \text{ руб.}$$

5) Прочие расходы (услуги связи, затраты на ремонт оборудования...) в размере 10% от ФЗП, затрат на материалы, амортизации и отчислений на социальные нужды

$$I_{np} = 0,1 \cdot (\Phi ЗП + I_m + I_{ам} + I_{co}) = 0,1 \cdot (108135,9 + 3910,0 + 571,4 + 32440,8) = 14563,4 \text{ руб.}$$

6) Накладные расходы (затраты на отопление, свет, обслуживание помещений составляет 200% от ФЗП)

$$I_{накл} = 2,0 \cdot \Phi ЗП = 2,0 \cdot 108135,9 = 216271,7 \text{ руб.}$$

7) Затраты на разработку проекта

$$K_{np} = \Phi ЗП + I_{мат} + I_{ам} + I_{co} + I_{np} + I_{накл} = \\ = 108135,9 + 3910,0 + 571,4 + 32440,8 + 14563,4 + 216271,7 = 375893,1 \text{ руб.}$$

Расчет сметы затрат разработку проекта сведем в таблицу 7.5.

Таблица 7.5 – Калькуляция сметной стоимости на выполнение проекта

№ статьи	Наименование статей расхода	Сумма, руб.
1	ФЗП	108135,9
2	Материалы Имат	3910,0
3	Амортизация основных фондов Иам	571,4
4	Социальные отчисления Исо	32440,8
5	Прочие расходы Ипр	14563,4
6	Накладные расходы Ин	216271,7
Цена проекта Кпр, руб		375893,1

7.3 Смета затрат на электрооборудование

Таблица 7.6 – Смета затрат на электрооборудование рассматриваемого цеха

№ п/п	Наименование оборудования	Единицы измерения	Количество	Сметная стоимость, тыс. руб		Общая стоимость, тыс. руб.	
				Оборудование	Монтаж	Оборудование	Монтаж
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТМ 1600/6х2	шт	2	126.0	25.20	252.0	50.40
2	ПР11-7123-21У3	шт	5	13.10	2.62	65.50	13.10
3	Автомат ВА 51	шт	10	5.45	1.09	16.35	3.27
	Автомат ВА13 – 29	шт	15	0.60	0.12	31.80	6.36
	Автомат ВА57 – 35	шт	10	0.29	0.06	2.90	0.58
4	Кабель ВБбШвнг(А)-LS-4 х4	км	0,24 1	12,50	2,50	3.01	0.60
	Кабель ВБбШвнг(А)-LS -4 х6	км	0,42 1	16,50	3,30	6.95	1.39
	Кабель ВБбШвнг(А)-LS -4 х10	км	0,01 5	25,10	5,02	0.38	0.08
	Кабель ВБбШвнг(А)-LS -4 х16	км	0,04 7	36,30	7,26	1.71	0.34
	Кабель ВБбШвнг(А)-LS -4 х25	км	0,06 7	55,90	11,18	3.75	0.75
	Кабель ВБбШвнг(А)-LS -4 х35	км	0,02 4	72,20	14,44	1.73	0.35
	Кабель ВБбШвнг(А)-LS -4 х50	км	0,15 2	100,10	20,02	15.22	3.04
	Кабель ВБбШвнг(А)-LS -4 х70	км	0,05 0	154,70	30,94	7.74	1.55
	Кабель ВБбШвнг(А)-LS -4 х95	км	0,04 5	200,00	40,00	9.0	1.80
	Кабель ВБбШвнг(А)-LS -4 х120	км	0,01 5	241,90	48,38	3.63	0.73
	Кабель ВБбШвнг(А)-LS -4 х1,5	км	0,02 4	300,14	60,03	7.20	1.44
	Кабель ВБбШвнг(А)-LS -4 х2,5	км	0,03 1	362,40	72,48	11.23	2.25
Итого по цеху, тыс. руб						456.46	99.69

Результаты технико-экономического сравнения вариантов схем внешнего электроснабжения приведены в таблице 7.7.

Таблица 7.7 – Определения суммарных приведенных затрат на установку высоковольтного оборудования

Тип	Сечение е мм ²	k_3	$K_{л\text{эп}}$, руб	$K_{об}$, руб	$C_{пот}$, руб/год	$C_{ам}$, руб/год	$C_{об}$, руб/год	$Z_{л\text{эп}}$, руб/год
ТМН- 10000/110	АС 120/19	0,13	63243525	1891958,4	99750,31	6324352,5	505948,2	9459792,01
ТДН- 16000/110	АС 120/19	0,22	63243525	1923080,5	255360,80	6324352,5	505948,2	9615402,50

Исходя из сравнения расчетов, можно сделать вывод, что по приведенным затратам наиболее целесообразен вариант с трансформатором мощностью 10000 кВА.

Технико-экономическое сравнение вариантов схемы внешнего электроснабжения было выполнено в пункте 3.7. Результаты технико-экономического сравнения и выбор оптимального варианта приведены в таблице 3.6.

