



МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ЧЕМПИОНАТ
CASE-IN

«Солнечный» Батакан

ДК им.Теслы
Капитан Петров Тимур
Игоревич
Контакты tobac15@mail.ru



**ЛИГА ПО
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Б а т а к а н – село в Газимуро-Заводском районе Забайкальского края России. Является центром сельского поселения Батаканское, располагается на берегу реки Газимур.

Село

Батакан

Страна Россия

Субъект федерации Забайкальский край

Муниципальный район Газимуро-Заводский район

Сельское поселение Батаканское

Координаты  52°04'27" с. ш.
118°51'14" в. д. (G) (O) (Я)

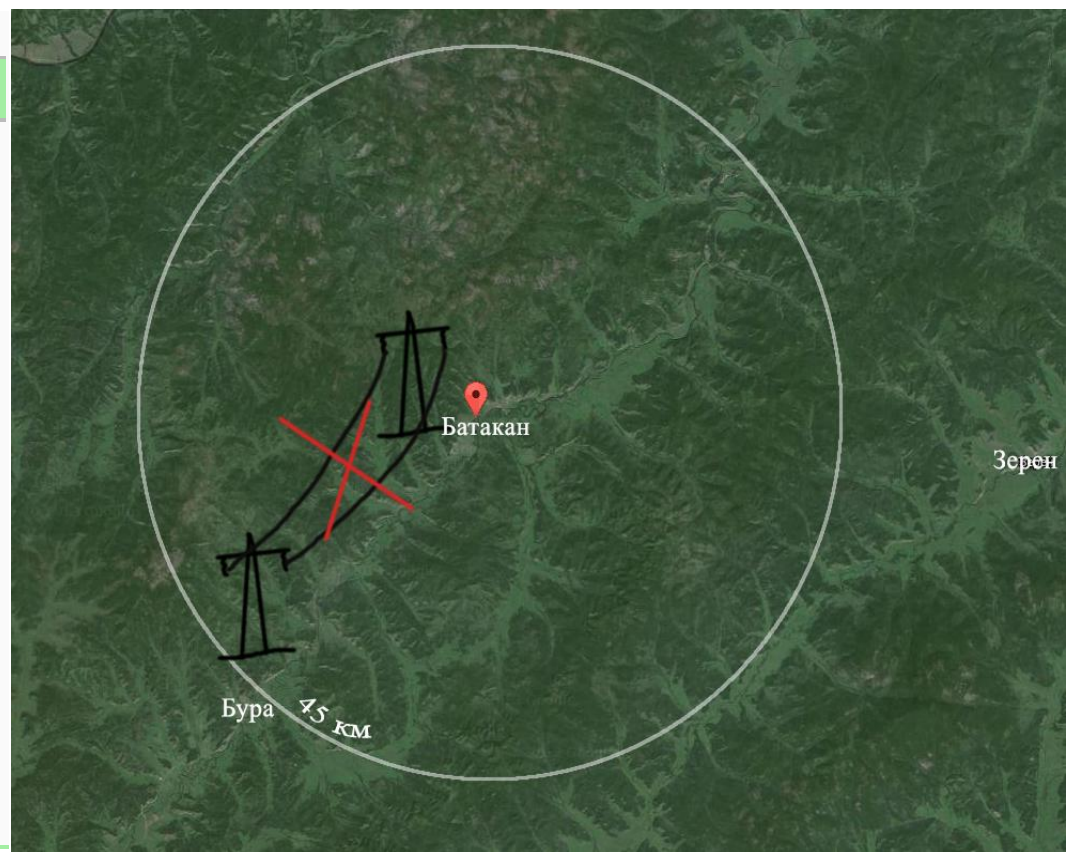
Население  533^[1] человек (2010)

Часовой пояс UTC+9

Почтовый индекс 673642^[2]

Автомобильный код 75, 80

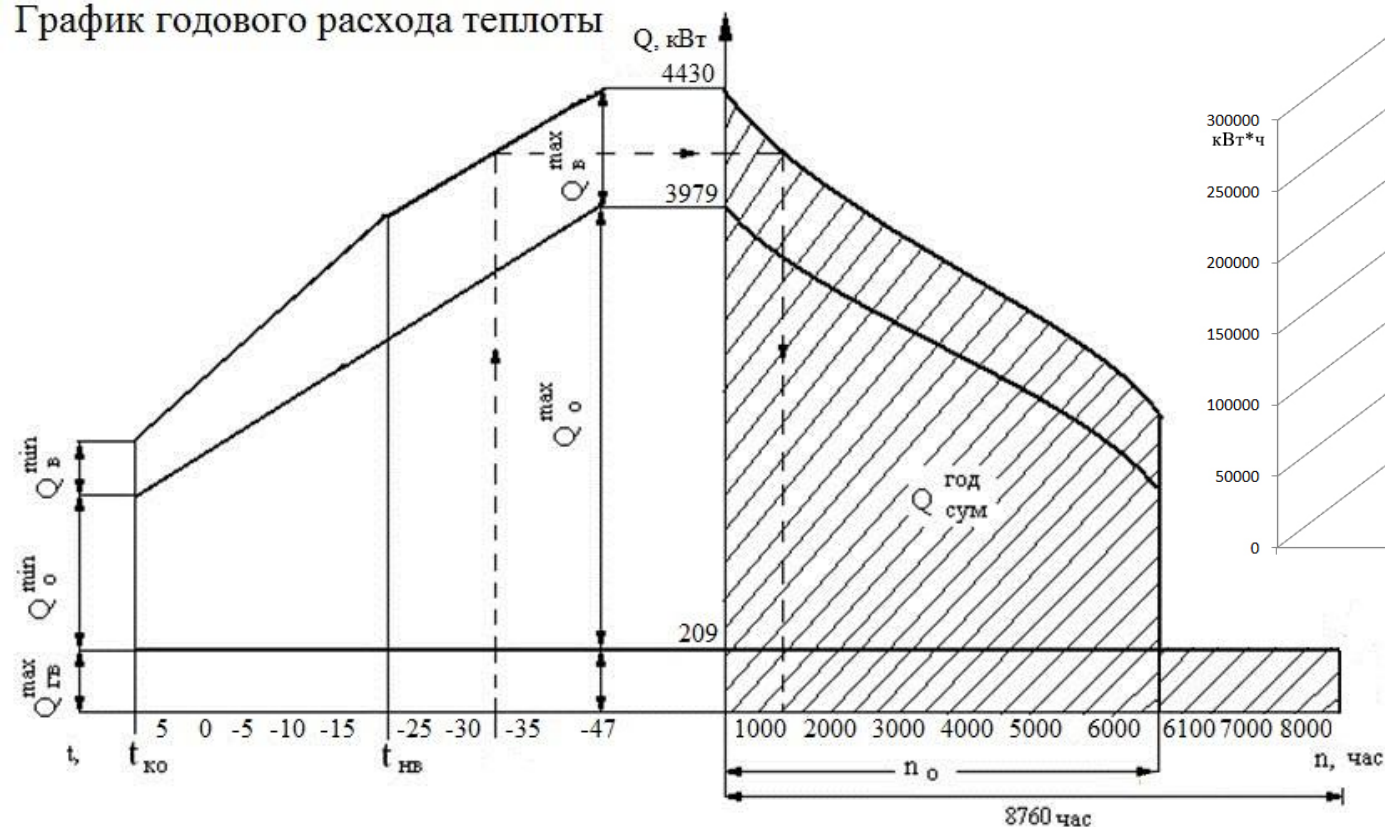
Код ОКАТО 76 210 803 001 



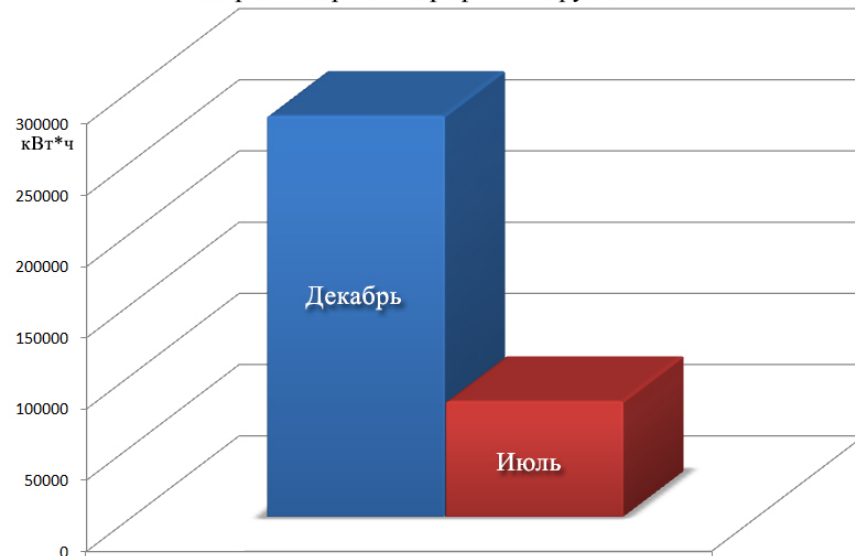
ПАРАМЕТРЫ ОБЪЕКТА В ИСХОДНОМ СОСТОЯНИИ

- Электростанция 2×200 кВт работает на шины 10 кВ ПС Батакан;
 - 2 резервных дизель-генератора мощностью по 25 кВт и котельные;
 - 17 одотрансформаторных подстанций (ТП) 10/0.4 кВ суммарной установленной мощность более 3000 кВА;
- Объем расхода электроэнергии за год в поселке составляет около 2.5 млн кВтч по итогам 2015 года.

График годового расхода теплоты



Неравномерность графика нагрузки



Коэффициент неравномерности годового графика нагрузки составляет 346%

ПАРАМЕТРЫ ОБЪЕКТА НОВОЙ ФАБРИКИ

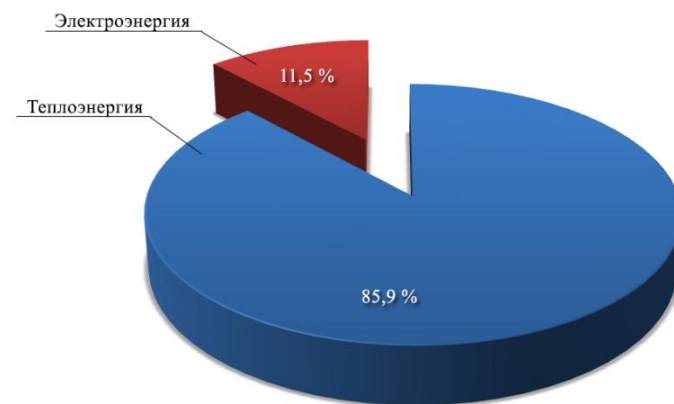
Фабрика глубокой переработки древесины

$P=750$ кВт

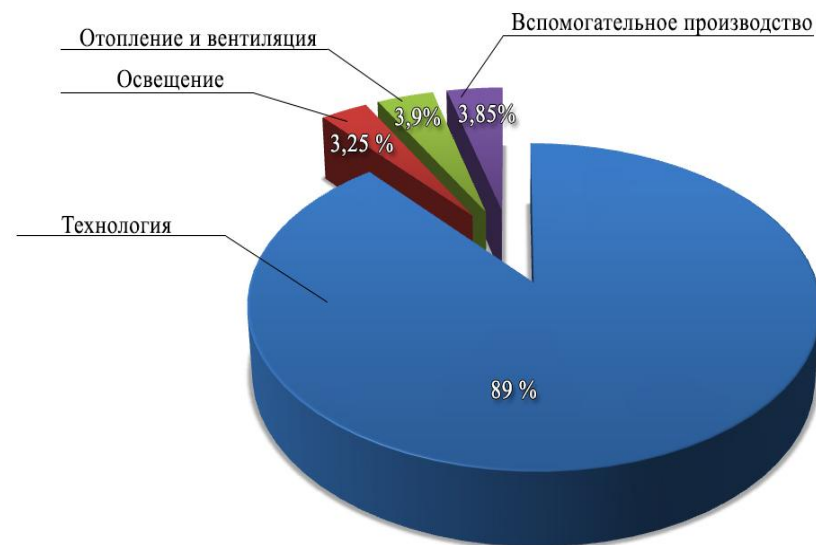
$Q=660$ кВАр

$\cos \phi=0,75$

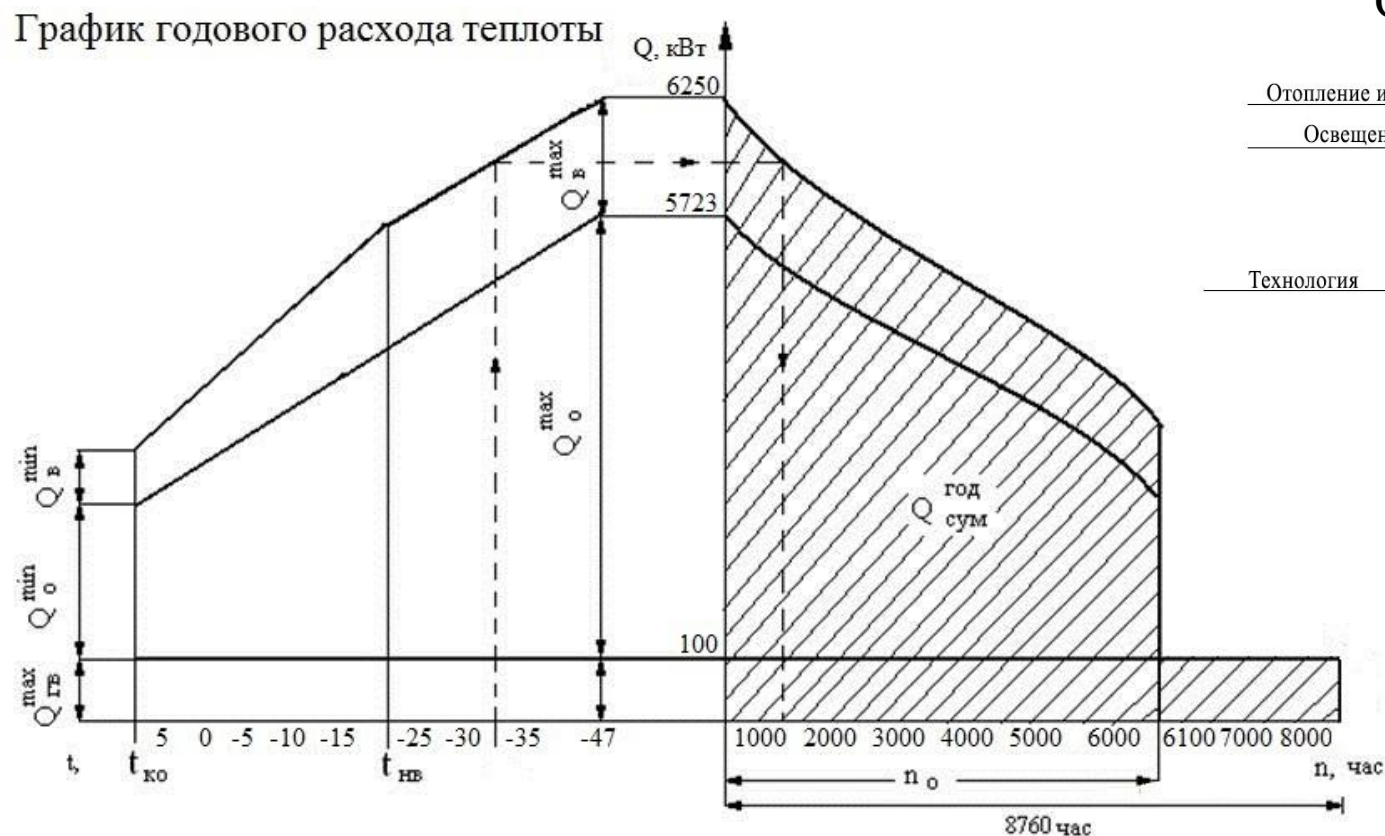
$S=1000$ кВА



Структура потребления ТЭР



Структура производственного потребления электроэнергии



ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ПУТИ РАЗВИТИЯ

	Капиталовложения	Географическое положение	Надежность	Экологичность	Время ввода в эксплуатацию
От ЕЭС России	-	-	+	+	-
Дизельная ЭС	-	-	-	-	+
Солнечная ЭС	+	+	-	+	-
Ветровая ЭС	+	-	-	+	-

На основе рассмотренных факторов, наиболее предпочтительная по технико-экономическим параметрам оказалась схема электроснабжения с солнечными батареями и дизельными ЭС.



ОБОСНОВАНИЕ МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА ФАБРИКИ

Факторы:

- Санитарные нормы проектирования Класс 4 Производства по обработке древесины – 100 м.
- наличие сырья
- удобное примыкание к магистральным путям сообщения
- наивыгоднейшее расположение площадки к источникам воды и месту сброса сточных вод
- достаточные размеры площадки и возможность расширения
- возможность кооперирования с другими предприятиями
- наличие удобного места для строительства зданий и сооружений

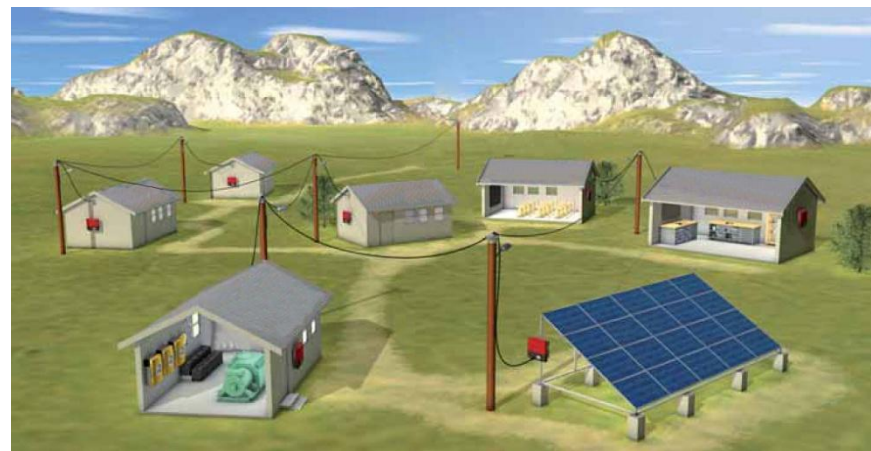


СОЛНЕЧНО-ДИЗЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Поселок Батакан находится в
районе с высокой инсоляцией



Учитывая, что уровень инсоляции в этом
районе в летние и зимние месяцы
различается, целесообразно использовать
параллельное включение солнечно-дизельных
комплексов



Солнечно-дизельная электростанция —
беспроектный вариант для тех географических
мест, где экономически нецелесообразно
строительство дорогостоящей электросетевой
инфраструктуры, а климатические условия
позволяют использовать их с максимальной
эффективностью

СОЛНЕЧНО-ДИЗЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Состав солнечно-дизельной электростанции

№	Номенклатура товара	Кол-во
1	Фотопанели ФСМ-300М 300Вт	3500
2	Контроллер заряд аккумуляторных батарей ECO-MPPT-PRO-200-100	175
3	Гелевые АБ 12В., 200А*ч, GEL200	1400
4	Инвертор МАП SIN "Энергия" PRO 48 В.	1
5	Батарейный монитор 12ВАК5К-01	1
6	Дизельный генератор АД-200С-Т400-1РМ11 200кВт.	2
7	Опорные конструкции для ФЭМ НОР-GM1	350
8	Контейнер климатический	1
9	Система автоматического пожаротушения	1

В рамках политики импортозамещения в составе солнечной ЭС используются отечественные фотопанели

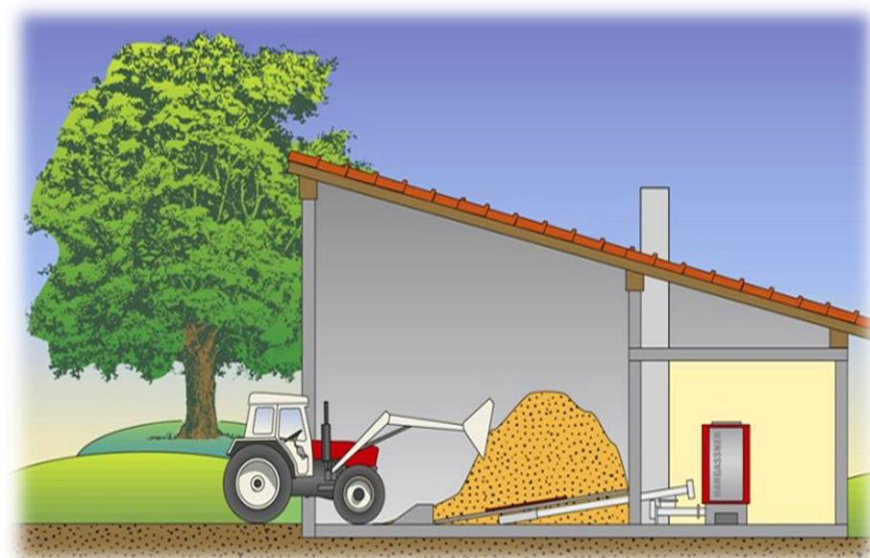


Календарный план по введению солнечно-дизельной ЭС

№ п.п.	Наименование работ	Срок выполнения, мес.
I этап		
1	Разработка и согласование технического задания	3
2	Командировочные мероприятия	
II этап		
3	Приобретение материалов и комплектующих для изготовления деталей и узлов СЭС	3
4	Неучтенные материалы и комплектующие	
5	Доставка материалов	
III этап		
6	Строительно-монтажные работы	6
7	Пуско-наладочные работы	
	ВСЕГО	12

КОТЕЛЬНАЯ НА ЩЕПЕ

Рациональное использование отходов лесозаготовки, объем которых иногда достигает 50% от объема заготовленной древесины, актуально с экологической, экономической и этической точки зрения. Щепа, полученная в результате механической переработки древесины, может быть использована как источник для получения дешевой тепловой энергии в котельных установках работающих непосредственно на щепе. Использование щепы в качестве топлива повышает эффективность работы котельных установок почти в 2 раза. Календарный план-график ввода котельной подразумевает согласование с планом-графиком ввода фабрики.



Котел КВм – 3,0 МВт

Вид топлива	Щепа
Тепловая мощность, МВт	3
Тепловая мощность, Гкал/ч	2,6
КПД, %	80
Габариты, мм	6750x1800x2850

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

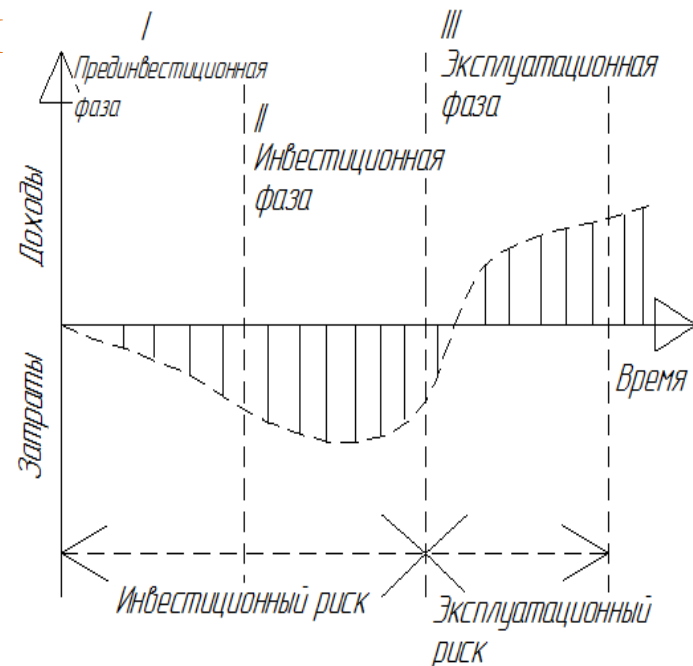
Успешность инвестиционного проекта

NPV(чистая приведенная стоимость)= $23,6 \cdot 10^6$ руб.

четыре годовых периода

CF(денежный поток)= $36 \cdot 10^6$ руб.

R(ставка дисконтирования)= 0,1



Оценка экономических характеристик солнечно-дизельных электростанций

$$z = \frac{p_H K + C}{P} = \frac{0,05 \cdot 1237333954 + 32271287,6}{1150} = 33441,7 \text{ руб / кВт где}$$

z - приведённые годовые затраты на 1кВт установленной мощности

$$C_{эл} = \frac{p_H K + C}{W} = \frac{0,05 \cdot 1237333954 + 32271287,6}{3781456} = 10 \text{ руб / кВт * ч где}$$

C_{эл} – себестоимость производимой электроэнергии.

Инвестиции 50/50%.

Инвестиционные риски:

- Неоднозначность политики в отношении ВИЭ

- Отсутствие законодательного механизма возврата инвестиций

Эксплуатационные риски:

- Недостаточное кол-во необходимого ресурса (солнечная энергия)

- Возможность ввода нового производства для необходимого ресурса

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

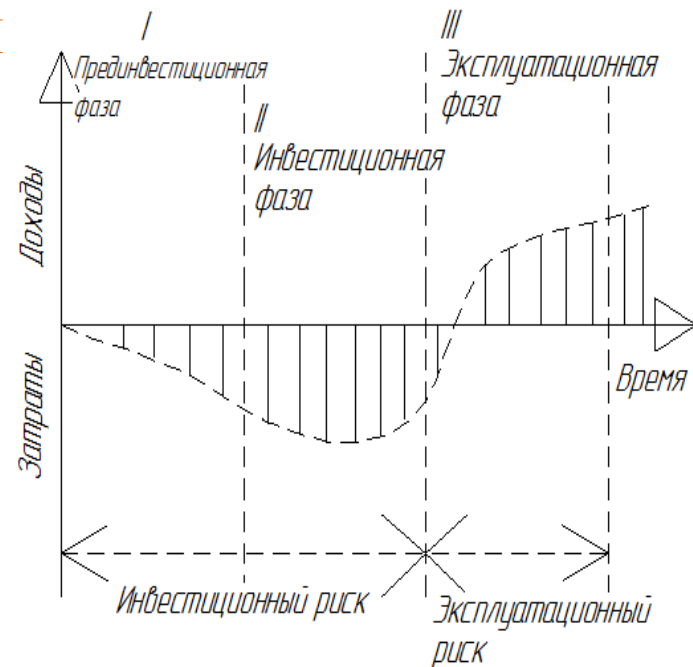
Успешность инвестиционного проекта

NPV(чистая приведенная стоимость)= $4,01 \cdot 10^6$ руб.

два годовых периода

CF(денежный поток)= $3,76 \cdot 10^6$ руб.

R(ставка дисконтирования)= 0,1



Инвестиции 50/50%.

Инвестиционные риски:

- Неоднозначность альтернативной котельной энергетики
- Отсутствие законодательного механизма возврата инвестиций

Эксплуатационные риски:

- Недостаточное кол-во необходимого ресурса (щепа)
- Возможность ввода нового производства для необходимого ресурса

Топливо	Цена за единицу произвед.тепла руб/Гкал	КПД брутто %	Уровень автоматизации %	Нижний предел мощности %	Теплотворность кВт*ч/кг
Пр.Газ	370	87,1	100	80	10,1
Уголь	1481	56,1	0(руч.труд)	50	4,64
Дрова	948	49,5	0(руч.труд)	40	1,45
Щепа	333	80,5	80	65	2,7

Приложение 1

Расчет тепловых нагрузок поселка и фабрики

$\Phi_0^{\text{ж}} = \varphi_0 \cdot A_{\text{ж}} \cdot 10^{-3} = 173 \cdot 10200 \cdot 10^{-3} = 1764,6 \text{ кВт}$, где φ_0 - укрупненный показатель, отнесённый к единице жилой площади, Вт/м²; $A_{\text{ж}}$ - жилая площадь, м²

$A_{\text{ж}} = \eta f = 17 \cdot 600 = 10200 \text{ м}^2$ где f - норма жилой площади на 1-го человека, м²; η - число жителей.

Тепловые мощности систем отопления и вентиляции общественных зданий в сельском населённом пункте допускается принять в размере соответственно 25% и 15 % от суммарной тепловой мощности систем отопления жилых зданий.

$$\Phi_0^{\text{об}} = 0,25 \cdot \Phi_0^{\text{ж}} = 0,25 \cdot 1764 = 441 \text{ кВт} \quad \Phi_B^{\text{об}} = 0,15 \cdot \Phi_0^{\text{ж}} = 0,15 \cdot 1764 = 264,6 \text{ кВт}$$

$$\Phi_0 = \Phi_0^{\text{об}} + \Phi_0^{\text{ж}} = 441 + 1764 = 2205 \text{ кВт}$$

Средняя тепловая мощность $\Phi_{\text{г.в.}}^{\text{г.в.}}$, кВт, системы горячего водоснабжения жилых и общественных зданий:

$$\Phi_{\text{г.в.}}^{\text{г.в.}} = 2,91 \cdot n \cdot a \cdot 10^{-3} = 2,91 \cdot 600 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 209 \text{ кВт}$$

Построение графика $Q_{\alpha(B)} = \Phi_{\alpha(B)} \cdot \frac{18-t}{18-(-20)}$

	Поселок										
t	-47	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	8
n, ч		824	502	568	596	472	482	517	810	801	594
$\sum n, ч$	-		1326	1894	2490	2962	3444	3961	4771	5572	6166
Q _{отоп.}	3771,7	3075,395	2785,263	2495,132	2205	1914,868	1624,737	1334,605	1044,474	754,3421	580,2632
Q _{вент.}	451,5789	368,2105	333,4737	298,7368	264	229,2632	194,5263	159,7895	125,0526	90,31579	69,47368

$$\Phi_0 = 3305 \text{ кВт} \quad \Phi_B = 308 \text{ кВт}$$

Построение графика $Q_{\alpha(B)} = \Phi_{\alpha(B)} \cdot \frac{18-t}{18-(-20)}$

	Фабрика										
t	-47	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	8
n, ч		824	502	568	596	472	482	517	810	801	594
$\sum n, ч$	-		1326	1894	2490	2962	3444	3961	4771	5572	6166
Q _{отоп.}	5653,289	4609,605	4174,737	3739,868	3305	2870,132	2435,263	2000,395	1565,526	1130,658	869,7368
Q _{вент.}	526,8421	429,5789	389,0526	348,5263	308	267,4737	226,9474	186,4211	145,8947	105,3684	81,05263

Приложение 2. Расчет технических параметров солнечно-дизельной станции

Суммы солнечной радиации

Месяц	Янв.	Фев.	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
Дневная Сумма Солнечной Радиации кВт*ч/м ²	0,81	1,6	3,5	4,72	5,9	6,46	5,9	5	3,45	1,69	0,944	0,682
Месячная Сумма Солнечной Радиации кВт*ч/м ²	48,15	91,8	142,8	173,46	200,25	192,375	218,25	193,5	166,5	138,37	91,9	62,55

Энергетический баланс электростанции

Месяц	Wпотр	Wпан.(1)	N(кол-во пан.)	Wфп(3500)	ΔW
Янв.	394880	16,90065	23364,7818	59152,275	-335728
Фев.	353923	32,2218	10983,9612	112776,3	-241147
Март	366730	50,1228	7316,63036	175429,8	-191300
Апр.	329014	60,88446	5403,90766	213095,61	-115918
Май	302119	70,28775	4298,31656	246007,125	-56111,9
Июнь	233261	67,523625	3454,50944	236332,6875	3071,687
Июль	201158	76,60575	2625,88644	268120,125	66962,13
Авг.	214338	67,9185	3155,81174	237714,75	23376,75
Сент.	263350	58,4415	4506,21562	204545,25	-58804,8
Окт.	331098	48,56787	6817,22299	169987,545	-161110
Нояб.	390082	32,2569	12092,9786	112899,15	-277183
Дек.	401503	21,95505	18287,5011	76842,675	-324660
Итого	3781456				-1668553

Расчет на примере января

$$W_{\text{пан}}(1) = S_{\text{пан}} \cdot \eta \cdot R = 1,95 \cdot 0,18 \cdot 48,15 = 16,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \text{ где}$$

S_{пан}-площадь одной панели (ФСМ-300М S_{пан}=1,95)

η-КПД (ФСМ-300М η-18%)

R-месячная сумма радиации за соотв.месяц.(=48,15)

$$N = \frac{W_{\text{ПОТР}}}{W_{\text{пан}}(1)} = 23365 \text{ панелей}$$

$$W_{\text{фп}(3500)} = W_{\text{пан}}(1) \cdot 3500 = 59150 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$\Delta W = W_{\text{фп}(3500)} - W_{\text{ПОТР}} = -335728 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Приложение 3. Расчет экономических параметров

Солнечно дизельной станции

$$З = \frac{p_H K + C}{P} = \frac{0,05 \cdot 1237333954 + 32271287,6}{1150} = 33441,7 \text{ руб / кВт где}$$

З - приведённые годовые затраты на 1кВт установленной мощности

рн - нормативный коэффициент рентабельности(1/Т)

К - капиталовложения

Р - установленная мощность объекта

С - общегодовые эксплуатационные расходы

$$C = C_{\text{экс}} + C_{\text{з.п.}} + C_{\text{рем}} = 30033954 + 100000 + 1237333 = 32271287 \text{ руб. где}$$

Сэкс - эксплуатационные расходы

Сз.п.- расходы на заработную плату

Срем - расходы на ремонт(=0,1К)

$$C_{\text{эл}} = \frac{p_H K + C}{W} = \frac{0,05 \cdot 1237333954 + 32271287,6}{3781456} = 10 \text{ руб / кВт * ч где}$$

Сэл - себестоимость производимой электроэнергии

W - кол-во эл.энергии, производимой станцией в течение года

$$NPV = \sum \frac{CF}{(1+r)^t} - K$$

$$CF = 36 \cdot 10^6$$

Расчёт NPV сводим в таблицу.

№	Номенклатура товара	Кол-во	Цена	Сумма, руб
1	Фотопанели ФСМ-300М 300Вт	3500	17000	59500000
2	Контроллер заряд аккумуляторных батарей ECO-MPPT-PRO-200-100	175	24000	4200000
3	Гелевые АБ 12В.,200А*ч,GEL200	1400	12000	16800000
4	Инвертор МАП SIN "Энергия" PRO 48 В.	1	70000	70000
5	Батарейный монитор 12ВАК5К-01	1	3800	3800
6	Дизельный генератор АД-200С-Т400-1РМ11 200кВт	2	130000 0	2600000
7	Опорные конструкции для ФЭМ НОР-GM1	350	54000	18900000
8	Контейнер климатический	1	180000	180000
9	Система автоматического пожаротушения	1	24000	24000
Итого оборудование				102277800
10	Строительно-монтажные работы (20% от стоимости)			20455560
11	Транспортные расходы			1000000
Итого				123733360

Годы	CF		Ставка
1	36·10 ⁶	32,7·10 ⁶	0,1
2	36·10 ⁶	29,7·10 ⁶	Капиталовложения
3	36·10 ⁶	27·10 ⁶	123,7·10 ⁶
4	36·10 ⁶	24,6·10 ⁶	NPV
Сумма			26,3·10 ⁶

Срок окупаемости проекта:

$$\sum \frac{CF}{(1+r)^t} \geq K_{\text{ем}}$$

Откуда : t = 3 года

Приложение 4. Расчёт технико-экономических показателей котельной

$$Q_{уст} = 50 \text{ МВт.}$$

$$Q_o^{zod} = 24 \cdot 0,0036 \cdot Q_o^{cp} \cdot n_o \quad Q_o^{zod} = 24 \cdot 0,0036 \cdot 257 \cdot 3300 = 7,3 \cdot 10^4 \text{ ГДж/год}$$

$$Q_e^{zod} = 0,0036 \cdot z \cdot Q_e^{cp} \cdot n_o \quad Q_e^{zod} = 16 \cdot 0,0036 \cdot 257 \cdot 308 = 7,3 \cdot 10^4 \text{ ГДж/год.}$$

$$Q_{ze}^{zod} = 240,0036 \cdot Q_{ze3}^{cp} \cdot n_o + 24 \cdot 0,0036 \cdot Q_{ze1}^{cp} \cdot (350 - n_o)$$

$$Q_{ze}^{zod} = 6,27 \cdot 10^3 \text{ ГДж/год.}$$

$$Q_{отл}^{zod} = Q_o^{zod} + Q_e^{zod} + Q_{ze}^{zod} = 8,37 \cdot 10^4 \text{ ГДж/год.}$$

$$Q_{выр}^{zod} = \frac{Q_{отл}^{zod} \cdot 100}{\eta_{мл}} = \frac{8,37 \cdot 10^5}{94} = 8,9 \cdot 10^4 \text{ ГДж/год.}$$

$$h_{уст} = \frac{Q_{выр}^{zod}}{3,6 Q_{уст}} = \frac{8,9 \cdot 10^4}{180} = 494 \text{ (ч/год)}$$

$$b_{отл}^y = \frac{340}{\eta_{сп} \cdot \eta_{мл}} = \frac{340}{94 \cdot 80} = 0,045 \text{ т/ГДж}$$

$$b_{отл}^h = b_{отл}^y \frac{29,3}{Q_H^P} = 0,08 \text{ т/ГДж}$$

$$B_{zod}^y = b_{отл}^y \cdot Q_{отл}^{zod} \quad B_{zod}^y = b_{отл}^y \cdot Q_{отл}^{zod} = 0,08 \text{ (т/год);}$$

$$B_{zod}^h = b_{отл}^h \cdot Q_{отл}^{zod} \quad B_{zod}^h = b_{отл}^h \cdot Q_{отл}^{zod} = 0,08 \text{ (т/год)}$$

$$\mathcal{E}_{zod}^{c,h} = N_{уст} \cdot h_{уст} \quad \mathcal{E}_{zod}^{c,h} = N_{уст} \cdot h_{уст} = 2,96 \cdot 10^5 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год.}$$

$$G_{ze}^{zod} = 1,89 \cdot 10^5 \text{ т/год.} \quad \overline{G_{ze}^{zod}} = 2 \text{ т/ГДж}$$

$$S_m = B_{zod}^h \cdot C_m^{np} \quad S_m = 13,2 \cdot 10^6 \text{ (руб/год).}$$

$$S_3 = \mathcal{E}_{zod}^{c,h} \cdot C_3 \quad S_3 = 5,92 \cdot 10^5 \text{ (руб/год).}$$

$$S_e = G_{zod}^{c,e} \cdot C_e \quad S_e = 26,46 \cdot 10^5 \text{ (руб/год).}$$

$$S_{ам} = \frac{a_{ам}^{стп}}{100} K_{стп} + \frac{a_{ам}^{об}}{100} K_{об} \quad S_{ам} = 4,1 \cdot 10^6 \text{ (руб/год).}$$

$$S_{m,p} = 0,2 S_{ам} = 0,2 \cdot 0,41 \cdot 10^6 = 8,2 \cdot 10^4, \quad S_{m,p} = 0,2 \cdot S_{ам} = 8,2 \cdot 10^5 \text{ (руб/год).}$$

$$S_{3,л} = K_{шт} \cdot Q_{уст} \cdot \mathcal{E}_{zod}^{cp} \quad S_{3,л} = 0,84 \cdot 10^5 \text{ (руб/год).}$$

$$S_{np} = 0,3 (S_{ам} + S_{m,p} + S_{3,л}) \quad S_{np} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ (руб/год).}$$

$$S_{кот} = S_m + S_3 + S_e + S_{ам} + S_{m,p} + S_{3,л} + S_{np} \quad S_{кот} = 21,5 \cdot 10^6 \text{ (руб/год).}$$

$$\overline{S}_q = \frac{S_{кот}}{Q_{отл}^{zod}} = 256 \text{ руб/ГДж.}$$

$$\overline{S}_m = \frac{S_m}{Q_{отл}^{zod}} = 157 \text{ руб/ГДж.}$$

$$\overline{3} = \overline{S}_q + E_H \cdot \frac{K_{кот}}{Q_{отл}^{zod}} \quad \overline{3} = \overline{S}_q + E_H \cdot \frac{K_{кот}}{Q_{отл}^{zod}} = 301,9 \text{ руб/ГДж.}$$

$$NPV = \sum \frac{CF}{(1+r)^t} - K_{кот} \quad CF = (C_k - S_q) Q_{отл}^{zod} \quad C_k = \frac{S_q}{1-P}$$

$$C_k = \frac{256}{1-0,15} = 301$$

$$CF = (3,9 - 3,3) \cdot 6,4 \cdot 10^5 = 3,84 \cdot 10^5, \quad CF = (301 - 256) \cdot 8,37 \cdot 10^4 = 3,76 \cdot 10^6$$

Расчёт NPV сводим в таблицу.

Годы	CF		Ставка
1	$3,76 \cdot 10^6$	$3,41 \cdot 10^6$	0,1
2	$3,76 \cdot 10^6$	$3,1 \cdot 10^6$	Капиталовложения
			$2,5 \cdot 10^6$
			NPV
Сумма			$4,01 \cdot 10^6$

Срок окупаемости проекта:

$$\sum \frac{CF}{(1+r)^t} \geq K_{кот}$$

Откуда : $t = 0,66$ года.

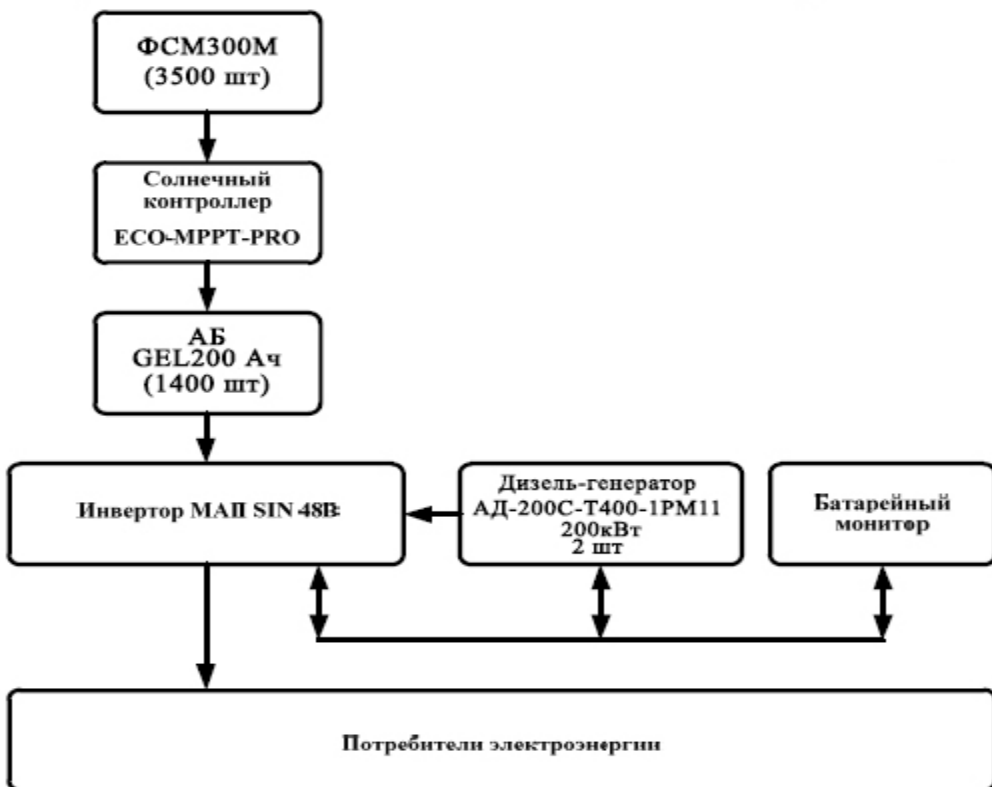
Приложение 5. Часть однолинейной схемы внутреннего электроснабжения 10 кВ поселка Батакан и Функциональная схема СДЭС.



Фотоэлектрические модули через контроллер заряда заряжают АКБ. Батарейный инвертор преобразует постоянное напряжение АКБ в переменное пром. частоты для питания потребителей. При достаточном уровне инсоляции, АКБ не разряжается ниже определенного уровня, например 0,7 от номинала

При недостатке солнечной энергии и, соответственно, более глубоком разряде накопителей электроэнергии батарейный монитор через инвертор отключает аккумуляторы и выдает сигнал на запуск дизель-генератора для питания нагрузки. Аккумуляторная батарея заряжается от фотопреобразователей и, при достижении полного заряда, инвертор с помощью батарейного монитора выполняет обратные действия, т.е. выключает дизель-генератор и переводит питание электрических нагрузок от батареи АКБ.

Функциональная схема солнечно-дизельной электростанции



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!