

**Строительство и реконструкция участков автомобильной дороги М-54 «Енисей» - от Красноярск через Абакан, Кызыл до границы с Монголией.
Реконструкция автомобильной дороги Р-257 «Енисей» Красноярск – Абакан – Кызыл - граница с Монголией участок км 789+000 – км 793+000, Республика Тыва
Здание лаборатории с встроенной автостоянкой на участке по адресу:
Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Кочетова 164/1
ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ**

Технико-экономическое обоснование применения тепловых насосов

1. Общие сведения

Технико-экономическое обоснование применения тепловых насосов выполняется в форме сравнения с технико-экономическими параметрами теплонасосной системы вариантами организации систем теплоснабжения на базе прямого электрического нагрева и использования котлов, работающих на дизельном топливе. Холодоснабжение объекта при этом обеспечивается за счёт использования специально для этих целей устанавливаемым холодильным оборудованием.

При проведении технико-экономических расчётов объект рассматривается целиком, без разбивки на отдельные здания – здание управления и лабораторию со встроенной автостоянкой.

2. Основные исходные данные

В качестве основных исходных данных для расчёта использованы климатологические данные по региону строительства, нагрузки на внутренние инженерные системы объекта, технические параметры теплонасосного оборудования, а также экономические параметры, включающие тарифы на энергию и топливо, плату за технологическое подключение к электросетям и удельные показатели стоимости оборудования.

Климатологические параметры, используемые в расчёте:

- Расчётная температура холодного периода – минус 47 °С;
- Средняя температура отопительного периода – минус 15 °С;
- Продолжительность отопительного периода – 225 сут.

Тепловые и холодильные нагрузки

- Отопление – 154,16 кВт;
- Вентиляция – 218,3 кВт;
- ГВС (для среднего часа) – 17 кВт;
- Кондиционирование – 159,3 кВт.

Технические параметры теплонасосного оборудования

- Тепловая мощность тепловых насосов – 2х30,4 + 2х60,8 кВт;
- Средний за отопительный сезон коэффициент преобразования - 2,5;
- Средний за летний период холодильный коэффициент - 2,1.

Экономические параметры

- Тариф на электроэнергию (с НДС) – 5,25 руб./кВт;
- Стоимость дизельного топлива – 39 700 руб./т;

3. Принятые допущения

Размер платы за технологическое присоединение к электросетям (с НДС) – 48 953 руб./кВт.

Он был определён с учётом следующих документов:

В соответствии с постановлением Службы по тарифам Республики Тыва от 28 декабря 2011 г. № 123 размер платы составляет 4711,4 руб./кВт без НДС в ценах 2001 г.

В соответствии с письмом Координационного центра по ценообразованию и сметному нормированию в строительстве от 10 апреля 2015 г. № КЦ/2015-04ти "Об индексах изменения сметной стоимости строительства по Федеральным округам и регионам Российской Федерации на апрель 2015 года" коэффициент пересчёта в текущие цены принят равным 8,806.

Сравнение выполняется с учётом стоимости только основного теплогенерирующего и холодильного оборудования, поскольку стоимость системы, отвечающей за распределение и подачу теплоносителя к потребителям – подающая и обратная гребёнки, насосы систем отопления, вентиляции, накопительные баки и баки запаса теплоносителя, расширительные баки, теплообменное оборудование (кроме грунтовых теплообменников) и т.п. – будут одинаковы во всех рассматриваемых вариантах.

Аналогичным образом затраты на сервисное обслуживание приняты равными для всех рассматриваемых вариантов и по этой причине в расчёте участия не принимают. На самом деле затраты на сервис в традиционных вариантах организации системы могут оказаться даже выше, поскольку для обслуживания, например, дизельной котельной, нужно будет привлекать специалистов одного профиля, а для обслуживания холодильной техники – другого, в то время как обслуживание теплонасосной системы может выполняться специалистом одной квалификации.

Удельная стоимость электронагревательного оборудования принята по усреднённой стоимости электрических котлов с учётом необходимого резервирования в размере 1 100 руб./кВт.

Удельная стоимость дизельного оборудования принята по усреднённым данным с учётом стоимости самих котлов, горелочных устройств, систем топливохранения и дымоотведения в размере 12 800 руб./кВт.

Удельная стоимость теплонасосного оборудования принята по данным коммерческих предложений основного оборудования в соответствии со спецификацией. В эту стоимость вошли помимо самих тепловых насосов также сухая градирня, циркуляционные насосы контуров испарителя и конденсатора тепловых насосов, а также вся запорная, регулирующая и прочая трубопроводная арматура, относящаяся исключительно к теплонасосной системе и не требующаяся в прочих рассматриваемых вариантах. Величина удельная стоимость теплонасосного оборудования составила 35 300 руб./кВт тепловой мощности.

Удельная стоимость системы сбора тепла грунта определена исходя из стоимостей её отдельных элементов в соответствии со спецификацией, при этом также учитывалась стоимость земляных работ. Удельная стоимость составила 2700 руб./м длины грунтовых теплообменников.

Удельная стоимость холодильного оборудования принята по усреднённой стоимости чиллеров с воздушным охлаждением конденсатора с учётом 24 000 руб./кВт холодильной мощности.

КПД электронагревателей принят равным 1.

КПД дизельных котлов принят равным 0,85, поскольку максимальные значения КПД достигаются при работе оборудования в номинальном режиме, тогда как в реальных условиях оборудование работает основную часть времени на режимах, отличных от номинального.

4. Результаты расчёта

Основные исходные данные и результаты расчёта сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Сравнительный расчёт окупаемости теплонасосной системы.

№ №	Наименование параметра	Ед. изм.	Вариант		
			Электро- обогрев	Дизельное топливо	Тепловые насосы
Исходные данные					
1	Расчётная температура холодного периода	°С	-47		
2	Средняя температура отопительного периода	°С	-15		
3	Продолжительность отопительного периода	сут.	225		
4	Нагрузка отопления	кВт	154,16		
5	Нагрузка вентиляции	кВт	218,3		
6	Нагрузка ГВС (для среднего часа)	кВт	17		
7	Нагрузка кондиционирования	кВт	159,3		
8	Стоимость электроэнергии	руб./кВт*ч	5,25		
9	Стоимость дизельного топлива	руб./т	39 700		
10	Стоимость электроотопительного оборудования	руб./кВт	1100	-	1100
11	Стоимость дизельного оборудования	руб./кВт	-	12 800	-
12	Стоимость теплонасосного оборудования	руб./кВт	-	-	35 300
13	Стоимость системы сбора тепла грунта (с работой)	руб./м	-	-	2 700
14	Стоимость холодильного оборудования	руб./кВт	24 000	24 000	-
15	Стоимость подключения к электросетям	руб./кВт	48 953		
Зимний режим					
16	Мощность электронагревателей	кВт	389,46	-	207,06
17	Мощность дизельных котлов	кВт	-	389,46	-
18	Мощность тепловых насосов тепловая	кВт	-	-	182,4
19	Выработка тепловой энергии электронагревателями	кВт*ч	1 142 471	-	321 671
20	Выработка тепловой энергии дизельным котлом	кВт*ч	-	1 142 471	-
21	Выработка тепловой энергии тепловыми насосами	кВт*ч	-	-	820 800
22	Потребление электроэнергии	кВт*ч	1 142 471	-	649 991
23	Потребление дизельного топлива	т	-	115,2	-
Летний режим					
24	Выработка холода	кВт*ч	160 574		
25	Потребление электроэнергии	кВт*ч	105 779	48 659	133 584
26	Потребление дизельного топлива	т	-	5,8	-
Эксплуатационные показатели					
27	Суммарные затраты энергии за год	кВт*ч/год	1 248 250	1 459 943	783 575
28	Экономия энергии	кВт*ч/год	211 693	0	676 368
29		%	14,5	0	46,3
30	Затраты на энергию и топливо	руб./год	6 553 313	5 059 160	4 113 769
31	Экономия финансовая	руб./год	0	1 494 153	2 439 544
Капитальные вложения					
32	Теплогенерирующее оборудование	руб.	428 406	4 985 088	15 306 486
33	Холодильное оборудование	руб.	3 823 200	3 823 200	-
34	Стоимость подключения к электросетям	руб.	19 065 235	2 363 095	14 388 126
35	Суммарные капитальные вложения	руб.	23 316 841	11 171 383	29 694 612
36	Простой срок окупаемости ТН	лет	2,6	19,6	-

Как видно из расчёта, наименее затратным сточки зрения капитальных вложений является вариант применения дизельных котлов. Срок окупаемости теплонасосной системы по сравнению с вариантом использования дизельных котлов также оказывается довольно велик, 19,6 лет. Однако именно вариант использования дизельного оборудования является и самым энергозатратным – применение теплонасосного оборудования позволит сократить энергопотребление по сравнению с дизельным вариантом на 676 368 кВт*ч ежегодно, что в относительных величинах составляет 46,3 %.

Если рассмотреть экологический аспект сжигания дизельного топлива, то отказ от него и переход на использование электричества для теплоснабжения объекта, будь то прямой электрический нагрев или теплонасосное оборудование, позволит избежать выбросов в атмосферу продуктов сгорания в количестве более 363 тонн ежегодно. Более подробные данные по предотвращаемому экологическому воздействию приведены в таблице 2.

Таблица 2.
Сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу при отказе от сжигания дизельного топлива.

НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	КОЛИЧЕСТВО
1	2	3
1. Годовая экономия топлива	т	121,00
2. Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу:		
- диоксид углерода CO ₂	ТОНН	363,0
- оксид углерода CO	кг	2,4
- оксиды азота NO _x	кг	3,6
- углеводороды C _x H _y	кг	0,8
- оксид серы SO	кг	3,0
- сажа	кг	0,5
- альдегиды	кг	0,12
3. Площадь леса, способная поглотить указанное количество углекислого газа	га	90,8

Помимо рассмотренных аспектов существует ещё одно препятствие, мешающее применению системы теплоснабжения на базе дизельных котлов. По информации, полученной от заказчика, существует ограничение на въезд грузового транспорта в ту часть города, где расположен рассматриваемый объект, что делает завоз дизельного топлива затруднительным.

Исходя из изложенных выше соображений, а также принимая во внимание, что срок окупаемости дополнительных капитальных затрат в создание теплонасосной системы по сравнению с вариантом электрообогрева составляет менее 3 лет, решение о применении теплонасосного оборудования для обеспечения теплохладоснабжения объекта представляется обоснованным.

5. Расчёт чистого дисконтированного дохода

Дополнительно к определённому простому сроку окупаемости проведём расчёт чистого дисконтированного дохода от применения теплонасосной системы по сравнению с рассматриваемыми альтернативными вариантами организации системы.

Вычисление численного дисконтированного дохода будем проводить по формуле

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - IC;$$

где: NPV – чистый дисконтированный доход;

CFt (*Cash Flow*) – денежный поток в период времени t;

IC (*Invest Capital*) –затраты в первоначальном временном периоде;

n – расчётный временной период;

r – ставка дисконтирования.

Денежный поток определяется как разница затрат на энергоносители в варианте применения теплонасосной системы и в варианте, с которым производится сравнение. При проведении расчётов принято, что рост тарифов на энергоносители составляет 10% в год.

Затраты в первоначальный период определяются как дополнительные капитальные затраты на создание теплонасосной системы по сравнению с рассматриваемым вариантом по данным таблицы 1.

Расчёт проводится для периода времени, равного 30 годам.

Ставка дисконтирования принимается равной ставке рефинансирования Центрального банка Российской Федерации, равной 8,25 % в соответствии с Указанием Банка России от 13.09.2012 № 2873-У «О размере ставки рефинансирования Банка России».

Результаты расчётов представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3.

Определение чистого дисконтированного дохода от применения теплонасосной системы по сравнению с вариантом дизельного отопления.

Год	Первоначальные затраты, руб.	Денежный поток, руб.	Дисконтированный денежный поток, руб.
0	18 523 229,00		
1		945 391,00	873 340,42
2		1 036 255,52	884 323,26
3		1 138 411,24	897 460,74
4		1 249 312,70	909 828,50
5		1 374 243,97	924 537,04
6		1 511 668,73	939 483,59
7		1 660 631,46	953 406,10
8		1 828 164,68	969 598,81
9		2 007 306,81	983 473,39
10		2 206 567,78	998 707,29
11		2 427 958,99	1 015 159,75
12		2 667 080,43	1 030 151,86
13		2 935 258,91	1 047 330,26
14		3 230 254,27	1 064 746,05
15		3 551 075,07	1 081 287,74
16		3 905 447,54	1 098 561,38
17		4 295 257,62	1 116 130,13
18		4 724 048,95	1 133 997,50
19		5 197 188,64	1 152 492,97

20		5 714 703,24	1 170 672,95
21		6 286 173,08	1 189 598,28
22		6 916 260,22	1 209 086,62
23		7 604 946,82	1 228 158,35
24		8 362 502,08	1 247 574,58
25		9 195 077,95	1 267 236,84
26		10 112 381,36	1 287 442,70
27		11 120 679,59	1 307 910,10
28		12 230 542,68	1 328 814,59
29		13 449 922,61	1 349 927,80
30		14 791 975,57	1 371 478,58
ЧДД, руб.			14 508 689,17

Таблица 4.
 Определение чистого дисконтированного дохода от применения теплонасосной системы по сравнению с вариантом электроотопления.

Год	Первоначальные затраты, руб.	Денежный поток, руб.	Дисконтированный денежный поток, руб.
0	6 377 771,00		
1		2 439 543,75	2 253 620,09
2		2 685 821,50	2 292 035,48
3		2 955 333,00	2 329 821,82
4		3 252 725,00	2 368 840,00
5		3 577 997,50	2 407 135,33
6		3 935 797,25	2 446 049,76
7		4 330 771,00	2 486 393,63
8		4 762 918,75	2 526 096,47
9		5 241 534,00	2 568 072,39
10		5 766 616,75	2 610 009,20
11		6 342 813,75	2 652 009,06
12		6 979 418,50	2 695 779,58
13		7 676 431,00	2 739 028,71
14		8 443 144,75	2 783 002,30
15		9 288 853,25	2 828 417,57
16		10 218 203,25	2 874 273,27
17		11 240 488,25	2 920 860,33
18		12 365 001,75	2 968 191,33
19		13 601 037,25	3 016 072,90
20		14 962 535,00	3 065 117,16
21		16 458 788,50	3 114 668,70
22		18 103 738,00	3 164 858,85
23		19 915 970,50	3 216 323,02
24		21 909 426,25	3 268 596,29
25		24 102 692,25	3 321 757,54
26		26 514 355,50	3 375 635,49
27		29 167 649,75	3 430 425,57

28		32 085 808,75	3 486 034,25
29		35 296 713,00	3 542 623,65
30		38 828 243,00	3 600 067,04
ЧДД, руб.			79 974 045,78

Как видно из представленных результатов, за период в 30 лет чистый дисконтированный доход от применения теплонасосной системы теплоснабжения составит 14, 51 млн. руб. по сравнению с вариантом использования дизельного топлива и 79,97 млн. руб. по сравнению с электрообогревом.

