

УДК 682.3.07

КП

№ держреєстрації ДР № 0108U002084

Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(ОДЕКУ)

65015, м. Одеса, Львівська, 15;

Тел. (0482) 326740

УЗГОДЖЕНО

Проректор ОДЕКУ з НР

д.г.н., с.н.с.

\_\_\_\_\_ Тучковенко Ю.С.

21.12.2015

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор ОДЕКУ

д.ф.-м.н., проф.

\_\_\_\_\_ Степаненко С.М.

21.12.2015

### З В І Т

#### ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Інформаційні технології в моніторингових дослідженнях

РОЗРОБКА ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ОХОЛОДЖУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

ПІДВИЩЕНОЇ НАДІЙНОСТІ ДЛЯ ТЕПЛОАВАНТАЖЕНИХ

ЕЛЕМЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

(заключний)

Керівник НДР

зав. каф. Інформатики

д.т.н., проф.

Мещеряков В.І.

2015

Рукопис закінчено 14 грудня 2015

Розглянуто на засіданні Науково-технічної ради ОДЕКУ

прот. № від

## Список авторів

Керівник НДР зав. каф. Інформатики д.т.н., проф.	Мещеряков В.І. (наукове керівництво, реферат, розд. 1,2,3,4, висновки)
Професор	Чмир І.О. (розд. 2)
Доцент	Волощук Л.А. (вступ, розділи 1)
Доцент	Худенко Н.П. (вступ, розділи 1)
Доцент	Чеська Т.Ю. (розділ 2)
Доцент	Гнатовська Г.А. (розділи 1, 2, 3, 4)
Ст. викладач	Вохменцева Т.Б. (розділ 2)
Асистент	Черепанова К.В. (розділ 3)
Асистент	Боцуляк А.В. (оформлення)
Асистент	Ткач Т.Б. (розділ 3)
Аспірант	Журавльов Ю.І. (розділ 2,3,4)
Нормоконтроль	

## РЕФЕРАТ

Звіт по НДР: 38 с., висновки, 6 рис., 9 посилань.

Робота присвячена розробці параметричних моделей каскадних термоелектричних перетворювачів, які використовуються для забезпечення теплових режимів теплонавантажених елементів інформаційних систем, що займаються моніторингом відповідного середовища, де елементи зчитування інформації працюють у тепло навантаженому стані з відповідним зниженням їх надійності функціонування.

Робота присвячена аналізу методів створення кадастрів

Умови одержання звіту: за договором ОДЕКУ

Адреса: Одеса, віл. Львівська, 15

## Зміст

ВСТУП .....	5
АНОТАЦІЯ .....	6
ПРЕДМЕТНА ОБЛАСТЬ .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ КАСКАДНИХ ТЕП ...	7
МОДЕЛЬ НАЙБІЛЬШОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ .....	600
МОДЕЛЬ НАЙМЕНЬШОЇ ВЕЛИЧИНИ ІНТЕНСИВНОСТІ ВІДМОВ .....	20
ВПЛИВ ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ .....	37
АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ПОКАЗНИКІВ КАСКАДНОГО ТЕП .....	47
ВИВОДИ .....	54
СПИСОК ПОСИЛАНЬ.....	55

## Вступ

Інформаційні системи моніторингу іноді працюють в складних температурних умовах, які суттєво знижують показники надійності сенсорів, які безпосередню взаємодіють з тепловими потоками. Такі теплонавантажені елементи не можуть працювати без систем забезпечення їх температурних умов. Для малогабаритних сенсорів найбільш надійними охолоджувачами є термоелектричні пристрої, принцип дії яких засновано на ефекті Пельтьє. При значних теплових потоках дані ТЕРП працюють не в паспортних умовах, що суттєво погіршує їх показники надійності.

Ціллю даної роботи є розробка методів і моделей, що сприяють підвищенню надійності термоелектричних пристроїв.

## **Анотація**

Термоелектричні охолоджуючі пристрої належать до систем забезпечення теплових режимів критичних систем, де надійність є найбільш важливою характеристикою, оскільки наслідки від виходу інформаційної системи з ладу приводить до ситуацій, вартість яких суттєво перевищує вартість не тільки теплонавантаженого сенсору або інформаційної системи, але і до загибелі людей та інших катастрофічних наслідків. Тому створення пристроїв охолодження з підвищеною надійністю є актуальною задачею для систем моніторингу.

В роботі розглянуто підхід та розробка методів параметричного підвищення показників надійності каскадних термоелектричних пристроїв.

## **Анализ основных показателей надежности каскадного ТЭУ**

Широкое применение термоэлектрических охлаждающих устройств (ТЭУ) в различных областях современной техники объясняет необходимость определения и прогнозирования их показателей надежности, и тем самым реально оценивать показатели надежности РЭА при использовании термоэлектрического способа охлаждения в процессе ее эксплуатации. В связи с этим весьма актуальной задачей является определение показателей надежности как вновь разрабатываемых, так и серийно выпускаемых ТЭУ для различных условий эксплуатации в соответствии с требованиями технического задания.

Построение ТЭУ как в одно, так и в многокаскадном исполнении (КТЭУ) основывается на унифицированных модулях, представляющих собой сочетания унифицированных (стандартных) модулей, как на плоскости, так и в пространстве, конструктивно объединенных теплопереходами и представляющих собой неремонтируемые и невосстанавливаемые приборы. Выбор рациональной конструкции КТЭУ, предназначенной для охлаждения и термостабилизации элементов и составных частей РЭА в различных условиях эксплуатации, предполагает в первую очередь необходимость определения их максимальных охлаждающих возможностей, т.е. максимального перепада температуры  $\Delta T_{\max}$  [26] и максимальной холодопроизводительности  $Q_{\max}$  [27] при заданном перепаде температуры. В то же время в большинстве случаев преобладающим требованием является определение теплового режима работы КТЭУ, обеспечивающего наибольшую энергетическую эффективность  $E$  и наибольшую вероятность безотказной работы  $P$ .

Объект охлаждения характеризуется мощностью собственных тепловыделений, габаритными размерами, массой, рабочей температурой, элементами конструктивного оформления. Все это в целом и определяет суммарную тепловую нагрузку.

При разработке математической модели, определении показателей надежности каскадного ТЭУ, а именно интенсивности отказов  $\lambda$  и вероятности безотказной работы  $P$ , вводим ограничения, состоящие в том, что все элементы ТЭУ, в том числе и каскады, соединены электрически последовательно. При этом выход из строя любого термоэлемента (ветви) приводит к выходу из строя модуля, каскада и устройства в целом. События, заключающиеся в выходе термоэлементов из строя, принимаются независимыми. Кроме того, каждый каскад ТЭУ работает в различных температурных условиях, что приводит к изменению основных параметров ТЭУ, и это необходимо учитывать при оценке показателей надежности [30].

Соотношение для оценки показателей надежности двухкаскадного ТЭУ можно представить в виде суммы показателей надежности каждого каскада. Для каскадного ТЭУ можно записать суммарную интенсивность отказов  $\lambda_{\Sigma}$  в виде [53]:

$$\frac{\lambda_{\Sigma k}}{\lambda_0} = \sum_{i=1}^k \frac{n_i B_i^2 (\Theta_i C_i) \left( B_i + \frac{\Delta T_{\max i}}{T_{i-1}} \Theta_i \right)^2}{\left( 1 + \frac{\Delta T_{\max i}}{T_{i-1}} \Theta_i \right)^2} K_{T_i}. \quad (2.1)$$

Для двухкаскадного ТЭУ получено соотношение:

$$\frac{\lambda_{\Sigma}}{\lambda_0} = \frac{n_1 B_1^2 K_{T_1} \left( \frac{\Delta T_1}{\Delta T_{\max 1}} + C_1 \right) \left( \frac{\Delta T_1}{T_0} + B_1 \right)^2}{\left( 1 + \frac{\Delta T_1}{T_0} \right)^2} + \frac{n_2 B_2^2 K_{T_2} \left( \frac{\Delta T_2}{\Delta T_{\max 2}} + C_2 \right) \left( \frac{\Delta T_2}{T_1} + B_2 \right)^2}{\left( 1 + \frac{\Delta T_2}{T_1} \right)^2} \quad (2.2)$$

где  $\lambda_0$  – номинальная интенсивность отказов, 1/ч,  $\lambda_0 = 3 \cdot 10^{-8}$ , 1/ч;

индексы 1 и 2 соответствуют «холодному» и «горячему» каскадам;

$n_1, n_2$  – количество термоэлементов в каскадах, шт;

$B_1, B_2$  – относительный рабочий ток в каждом каскаде, отн. ед.;

$$B_1 = \frac{I}{I_{\max 1}}, \quad B_2 = \frac{I}{I_{\max 2}}$$



$$\theta_1 = \frac{\Delta T_1}{\Delta T_{\max 1}}, \quad \theta_2 = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_{\max 2}}$$

$\Delta T_{\max 1}$ ,  $\Delta T_{\max 2}$  – максимальный перепад температур в каскадах, К;

$$C_1 = \frac{Q_0}{n_1 I_{\max 1}^2 R_1} \text{ – относительная тепловая нагрузка первого каскада, отн. ед.};$$

$I_{\max 1}$ ,  $I_{\max 2}$  – максимальный рабочий ток в каскадах, А;

$Q_0$  – тепловая нагрузка, Вт;

$R_1, R_2$  – электрическое сопротивление ветвей термоэлементов в каскадах, Ом;

$$C_2 = \frac{Q_0 + W_1}{n_2 I_{\max 2}^2 R_2} \text{ – относительная тепловая нагрузка второго каскада, отн. ед.};$$

$W_1$  – мощность потребления первого каскада, Вт;

$T_0$  – температура теплопоглощающего спая первого каскада, К;

$T_1$  – промежуточная температура между каскадами, К;

$K_{T_1}$ ,  $K_{T_2}$  – коэффициенты значимости с учетом влияния пониженных температур;

Величина промежуточной температуры  $T_1$  зависит от выбора режима работы ТЭУ, отношения количества термоэлементов в каскадах и т.д.

С этой целью рассмотрим несколько вариантов конструкций КТЭУ и определим их характерные токовые режимы при электрически последовательном соединении каскадов.

## 2.2. Модель наибольшей энергетической эффективности

Применение КТЭУ обусловлено не только необходимостью достижения максимально возможного уровня охлаждения, но и повышением экономичности. В ряде случаев при проектировании в распоряжении разработчика имеется ряд выбранных конструкций КТЭУ, построенных на основе унифицированных модулей. Необходимо определить их максимально

возможную энергетическую эффективность при заданном перепаде температур и тепловой нагрузке, т.е. выбрать такой токовый режим работы КТЭУ, который соответствовал бы максимуму энергетической эффективности КТЭУ заданной конструкции [28]. Для этой цели необходимо при заданном перепаде температур и тепловой нагрузке определить основные параметры, а именно относительные рабочие токи  $B_1$  и  $B_2$ , относительные перепады температур  $\theta_1$  и  $\theta_2$  в каскадах и затем оценить показатели надежности энергетически эффективного КТЭУ.

Для решения поставленной задачи воспользуемся известными соотношениями [53]. Холодопроизводительность  $Q_0$  двухкаскадного ТЭУ можно записать в виде:

$$Q_0 = n_1 I_{\max 1}^2 R_1 (2B_1 - B_1^2 - \theta_1), \quad (2.3)$$

где  $I_{\max 1} = \frac{e_1 T_0}{R_1}$  – максимальный рабочий ток, А;

$n_1$  – количество термоэлементов в первом каскаде, шт;

$T_0$  – температура теплопоглощающего спая первого каскада, К;

$e_1$  – коэффициент термо-эдс ветви термоэлемента первого каскада, В/К;

$R_1$  – электрическое сопротивление ветви термоэлемента первого каскада, Ом;

$B_1 = \frac{I}{I_{\max 1}}$  – относительный рабочий ток первого каскада, отн. ед.;

$\theta_1 = \frac{T_1 - T_0}{\Delta T_{\max 1}}$  – относительный перепад температур первого каскада, отн. ед.;

$T_1$  – промежуточная температура, К;

$\Delta T_{\max 1}$  – максимальный перепад температур в первом каскаде, К.

Последовательное электрическое соединение каскадов определяет равенство рабочих токов в каскадах, которое можно записать в виде:

$$I_{\max 1} B_1 = I_{\max 2} B_2, \quad (2.4)$$

где  $B_2 = \frac{I}{I_{\max 2}}$  – относительный рабочий ток второго каскада, отн. ед.;

$e_2$  – коэффициент термо-эдс ветви термоэлемента второго каскада, В/К;

$R_2$  – электрическое сопротивление ветви термоэлемента второго каскада, Ом.

Общий перепад температур на двухкаскадном ТЭУ можно записать в виде:

$$\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2 = \Delta T_{\max 1} \theta_1 + \Delta T_{\max 2} \theta_2, \quad (2.5)$$

где  $\Delta T_1 = T_1 - T_0$  – перепад температур в первом каскаде, К;

$\Delta T_2 = T - T_1$  – перепад температур во втором каскаде, К;

$T$  – температура тепловыделяющего спая второго каскада, К;

$\theta_2 = \frac{T - T_1}{\Delta T_{\max 2}}$  – относительный перепад температур во втором каскаде, отн. ед.;

ед.;

$\Delta T_{\max 2}$  – максимальный перепад температур во втором каскаде, К.

Условие теплового сопряжения каскадов можно записать в виде

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{I_{\max 1}^2 R_1}{I_{\max 2}^2 R_2} \frac{\left[ 2B_1 \left( 1 + \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \theta_1 \right) + B_1^2 - \theta_1 \right]}{(2B_2 - B_2^2 - \theta_2)}, \quad (2.6)$$

где  $n_2$  – количество термоэлементов во втором каскаде, шт.

Холодильный коэффициент двухкаскадного КТЭУ можно записать в виде:

$$E_{k=2} = \frac{Q_0}{W_1 + W_2}, \quad (2.7)$$

где  $W_1$  – мощность потребления первого каскада, Вт;

$W_2$  – мощность потребления второго каскада, Вт;

$k$  – количество каскадов.

$$W_1 = 2n_1 I_{\max 1}^2 R_1 B_1 \left( B_1 + \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \theta_1 \right); \quad (2.8)$$

$$W_2 = 2n_2 I_{\max 2}^2 R_2 B_2 \left( B_2 + \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \theta_2 \right). \quad (2.9)$$

Используя соотношения (2.3...2.6) холодильный коэффициент можно записать в виде:

$$E_k = \frac{C_1}{2B_1} \frac{2B_1 B - B_1^2 C - D}{B_1^2 M - B_1^3 N + B_1^4 F - 2B_1^5 L - B_1 m + A}, \quad (2.10)$$

$$\text{где } B = \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} + \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}}; \quad C = \frac{I_{\max 1}^2}{I_{\max 2}^2} + \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}};$$

$$D = \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max 2}} + \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} C_1; \quad C_1 = \frac{Q_0}{n_1 I_{\max 1}^2 R_1};$$

$$M = 2 \left( 1 + 2 \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \right) \left\{ \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} + \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} \left[ 1 + \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \left( \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max 2}} + \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} C_1 \right) \right] \right\} + \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \times$$

$$\times \left( \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max 2}} - \frac{I_{\max 1}^2}{I_{\max 2}^2} C_1 \right) + \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} C_1 \left[ \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} + 2 \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \left( 1 + 2C_1 \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \right) \right];$$

$$N = 2 \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \left[ 1 + C_1 \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} + \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \left( \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max 2}} + \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} C_1 \right) \right] +$$

$$+ \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} \left( 1 + 4 \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \right) - \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} \left( 1 + 2 \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \right) \left( \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} - 4 \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \right);$$

$$F = 2 \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} \left( 1 + 4 \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \right) - \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \left( \frac{I_{\max 1}^2}{I_{\max 2}^2} - \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} \right);$$

$$L = \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_{10}} \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}};$$

$$m = 2C_1 \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} \left( \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} + \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \right) + \frac{\Delta T}{T_{\max 2}} \left( 1 + 2 \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \right) + C_1 \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} \times$$

$$\times \left( 1 + 4 \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \right) - C_1 \frac{I_{\max 1}^2}{I_{\max 2}^2} + 2C_1 \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \left( \frac{\Delta T}{T_{\max 2}} + \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} C_1 \right);$$

$$A = C_1 \left( \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max 2}} + C_1 \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} \right) \left( \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} + \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} \frac{\Delta T_{\max 2}}{T_1} \right).$$

Функциональная зависимость  $E_k = f(V_1)$  имеет максимум (рис. 2.1) при  $C_1 = 0,1$  и  $T = 300$  К для различных значений перепада температур  $\Delta T = 60$  К, 70 К, 80 К, 90 К. С ростом перепада температур  $\Delta T$  оптимальная величина относительного рабочего тока  $V_1$  смещается в сторону больших значений.

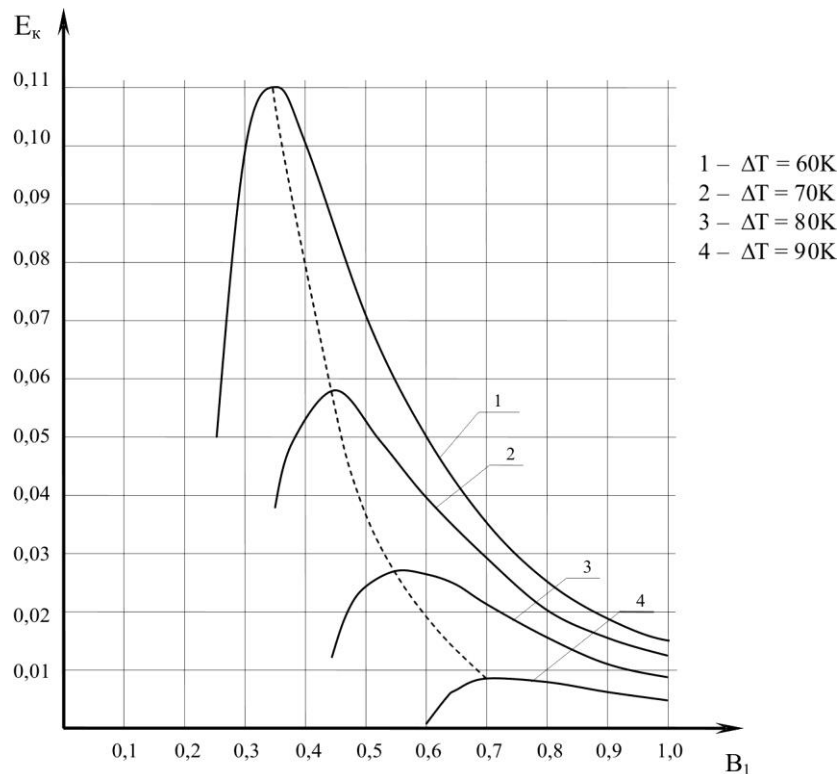


Рис. 2.1. Зависимость холодильного коэффициента  $E_k$  двухкаскадного ТЭУ от относительного рабочего тока  $V_1$  при  $T=300$ К,  $C_1=0,1$ ,  $\Delta T=60$ К; 70К; 80К; 90К

Из условия  $\left( \frac{dE_k}{dV} \right) = 0$  получим соотношение для определения оптимальной величины относительного рабочего тока  $V_1$ , соответствующего

максимуму холодильного коэффициента  $E_k$  при заданной величине относительной тепловой нагрузки  $C_1$  и перепада температур  $\Delta T$ .

$$6B_1^6 LC - 2B_1^5(8LB + FC) + B_1^4(NC + 6FB + 10LD) - 4B_1^3(NB + FD) + B_1^2(2MB + 3ND - Cm) - 2B_1(MD - CA) + mD - 2BA = 0. \quad (2.11)$$

Величина относительного рабочего тока  $B_1$  увеличивается с ростом тепловой нагрузки при заданном перепаде температур и с ростом перепада температур при заданной тепловой нагрузке (рис. 2.2).

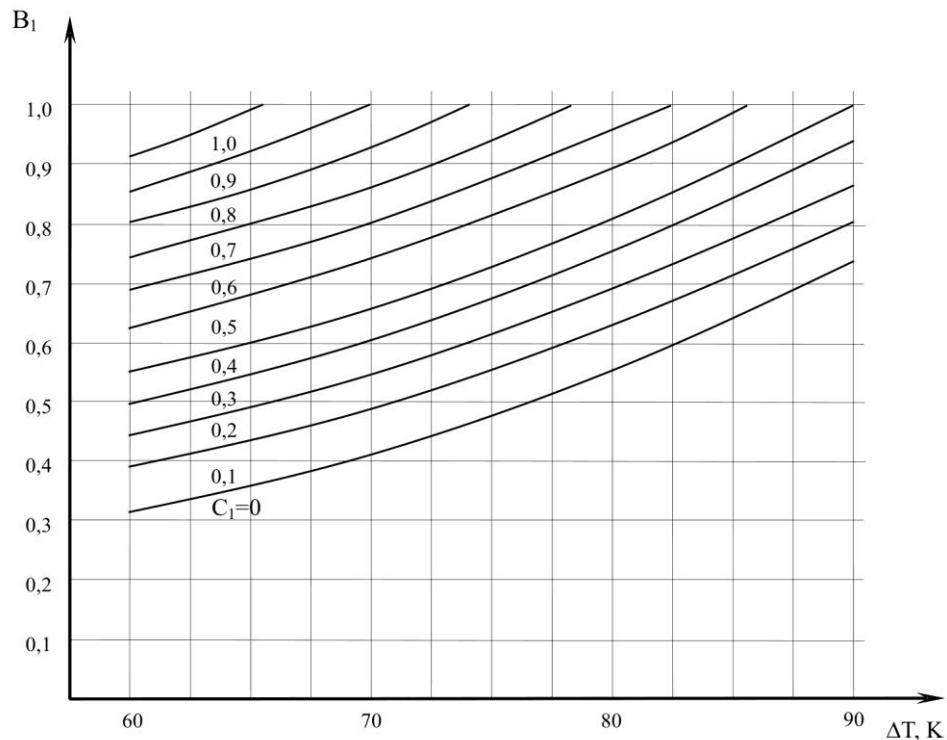


Рис. 2.2. Зависимость оптимального относительного рабочего тока  $B_1$  двухкаскадного ТЭУ от перепада температур  $\Delta T$  при  $T=300$  К,  $C_1 = 0 \dots 1,0$  в режиме наибольшего холодильного коэффициента

Представленные зависимости позволяют определить величину оптимального рабочего тока  $B_1$  при заданной величине тепловой нагрузки  $C_1$  и перепаде температур  $\Delta T$ .

Используя метод последовательных приближений определяем основные параметры  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  с учетом температурной зависимости параметров. Достаточно одного или двух приближений.

Данные расчетов основных значимых параметров сведены в таблице А.1 (Приложение А) для  $l/s = 10$ ,  $T = 300$  К,  $\Delta T = 60$  К, 70 К, 80 К, 90 К,  $C_1 = (0 \dots 1,0)$ ,  $n_1 = 9$  и усредненном значении эффективности термоэлектрических модулей  $\bar{z}_M = 2,5 \cdot 10^{-3}$  1/К и  $\lambda_0 = 3 \cdot 10^{-8}$  1/ч.

Анализ расчетных данных показал, что в режиме  $E_{\max}$  существует оптимальная тепловая нагрузка  $C_1$ , соответствующая максимуму холодильного коэффициента  $E_k$  при заданном перепаде температур  $\Delta T$  (рис. 2.3).

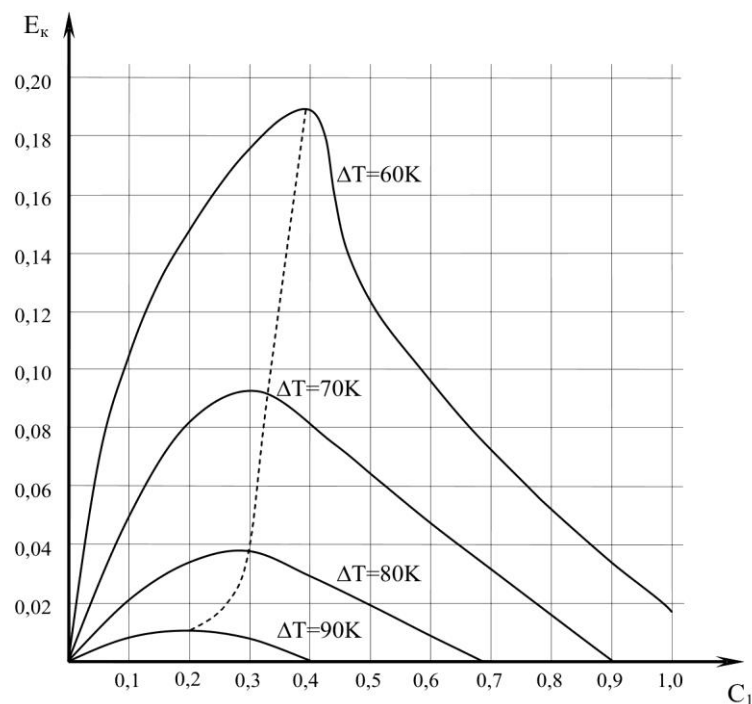


Рис. 2.3. Зависимость холодильного коэффициента  $E_k$  двухкаскадного ТЭУ от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  при  $T=300$  К,  $\Delta T=60$  К; 70 К; 80 К; 90 К в режиме наибольшего холодильного коэффициента

Следует отметить, что в точке максимума холодильного коэффициента наблюдается равенство относительных перепадов температур и холодильных коэффициентов в каскадах  $\theta_1 = \theta_2$  и  $E_1 = E_2$ .

Так при	$\Delta T = 60 \text{ K}$	$\theta_1 = \theta_2 = 0,40$	$E_1 = E_2 = 0,52$	$C_1 = 0,40$
	$\Delta T = 70 \text{ K}$	$\theta_1 = \theta_2 = 0,50$	$E_1 = E_2 = 0,35$	$C_1 = 0,36$
	$\Delta T = 80 \text{ K}$	$\theta_1 = \theta_2 = 0,64$	$E_1 = E_2 = 0,22$	$C_1 = 0,31$
	$\Delta T = 90 \text{ K}$	$\theta_1 = \theta_2 = 0,78$	$E_1 = E_2 = 0,11$	$C_1 = 0,20$

Величина промежуточной температуры  $T_1$  уменьшается соответственно с ростом тепловой нагрузки при заданном перепаде температур и с ростом перепада температур при заданной тепловой нагрузке.

Величина оптимального отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $n_1/n_2$  в режиме  $E_{\max}$  уменьшается соответственно с ростом величины относительной тепловой нагрузки при заданном перепаде температур либо с ростом перепада температур при заданном значении относительной тепловой нагрузки. Относительная величина интенсивности отказов  $\lambda_{\Sigma}$  увеличивается с ростом тепловой нагрузки и перепада температур (рис. 2.4).

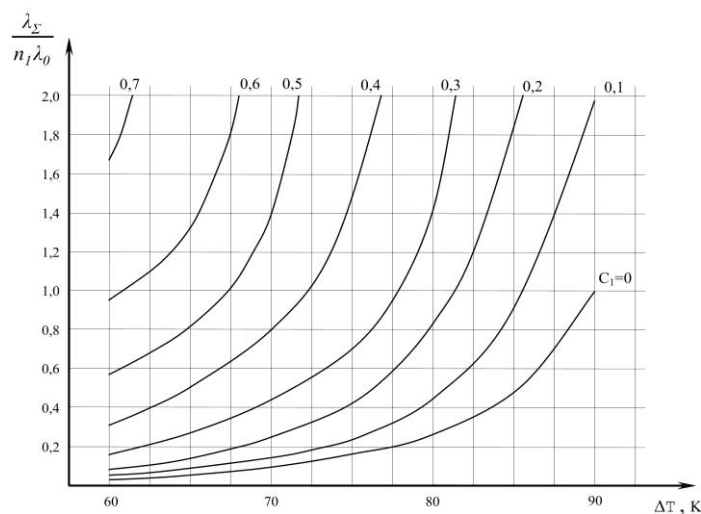


Рис. 2.4. Зависимость относительной величины интенсивности отказов

$\frac{\lambda_{\Sigma}}{n_1 \lambda_0}$  двухкаскадного ТЭУ от перепада температур  $\Delta T$  при  $T=300\text{K}$ ,

$C_1 = 0 \dots 0,7$   $n_1 = 9$  в режиме наибольшего холодильного коэффициента

Ход зависимости величины интенсивности отказов  $\lambda_{\Sigma}$  от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  и перепада температур  $\Delta T$  (рис. 2.5) идентичны.



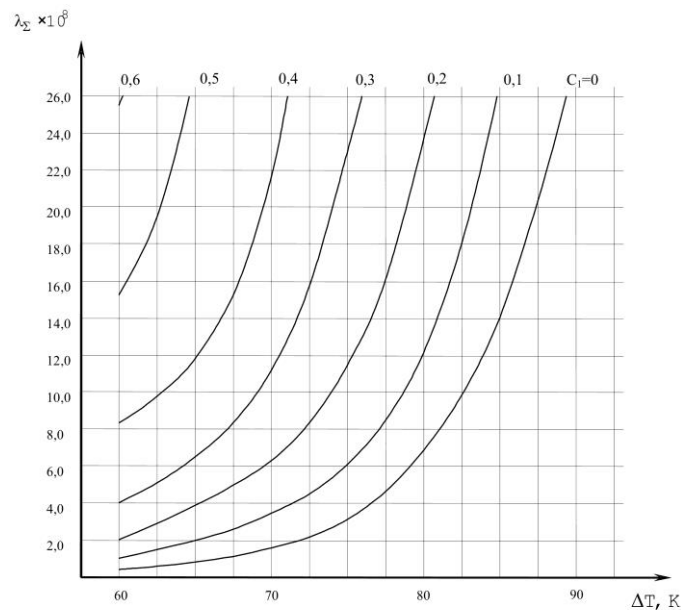


Рис. 2.5. Зависимость интенсивности отказов  $\lambda_{\Sigma}$  двухкаскадного ТЭУ от перепада температур  $\Delta T$  при  $T = 300\text{K}$ ,  $C_1 = 0 \dots 0,6$ ,  $n_1 = 9$  в режиме наибольшего холодильного коэффициента

Приведенные графические зависимости позволяют определить относительную величину интенсивности отказов  $\frac{\lambda_{\Sigma}}{n_1 \lambda_0}$  в широком диапазоне изменения значений тепловой нагрузки и перепада температур.

Для определения вероятности безотказной работы воспользуемся известным соотношением, связывающим величину интенсивности отказов  $\lambda_{\Sigma}$  и ресурс  $t = 10^4$  час  $P = e^{-\lambda_{\Sigma} t}$ .

Величина вероятности безотказной работы двухкаскадного ТЭУ уменьшается с ростом тепловой нагрузки и перепада температур (рис. 2.6).

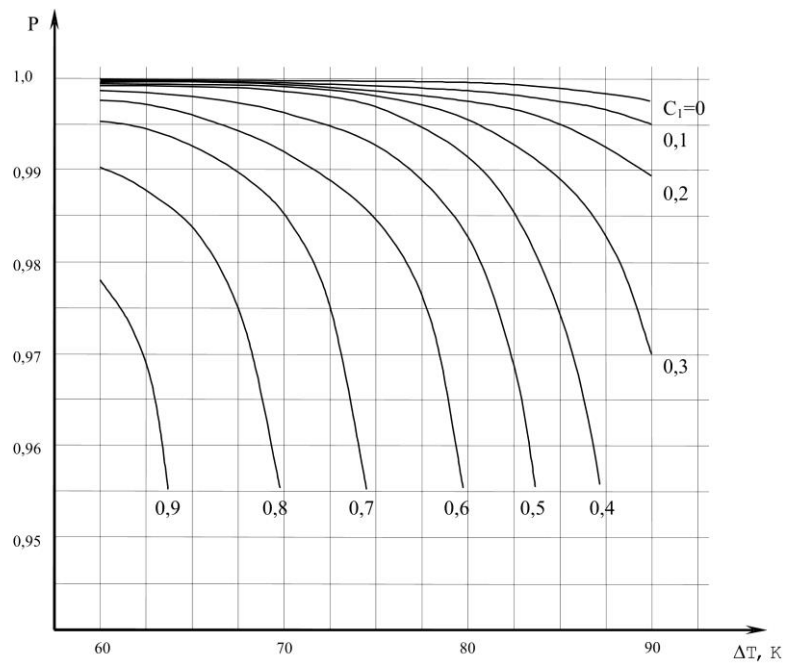


Рис. 2.6. Зависимость вероятности безотказной работы  $P$  двухкаскадного ТЭУ от перепада температур  $\Delta T$  при  $T = 300$  К,  $C_1 = 0 \dots 0,9$ ,  $n_1 = 9$  в режиме наибольшего холодильного коэффициента

Предложена и рассмотрена модель взаимосвязи показателей надежности двухкаскадного ТЭУ с основными параметрами в режиме  $E_{\max}$  – режим максимального холодильного коэффициента при последовательном соединении каскадов.

Полученные соотношения позволяют оценить показатели надежности, а именно, интенсивность отказов и вероятность безотказной работы выбранного варианта конструкции двухкаскадного ТЭУ в режиме  $E_{\max}$  при изменении относительной тепловой нагрузки от  $C_1 = 0$  до  $C_1 = 1,0$  и перепадах температур от  $\Delta T = 60$  К до  $\Delta T = 90$  К.

Приведенные данные позволяют оценить экономичность функционирования и прогнозировать показатели надежности двухкаскадного ТЭУ выбранной конструкции в режиме  $E_{\max}$  в различных условиях эксплуатации, а также вести рациональное проектирование РЭА с использованием двухкаскадного ТЭУ.

### 2.3. Модель наименьшей величины интенсивности отказов

В последнее время в термоэлектрическом приборостроении все более широкое применение нашли унифицированные ряды модулей и собранные на их основе каскадные термоэлектрические охлаждающие устройства (ТЭУ) различных конструкций. Применение каскадных ТЭУ в РЭА обусловлено не только обеспечением более глубокого охлаждения по сравнению с однокаскадными ТЭУ, но и повышением энергетической эффективности охлаждения. В ряде случаев проектирования каскадного ТЭУ в распоряжении разработчика имеется ряд унифицированных (стандартных) модулей, отличающихся количеством термоэлементов заданной геометрии, из которых komponуется каскадное ТЭУ. При этом необходимо при заданном перепаде температур и тепловой нагрузке оценить возможность рационального использования выбранной конструкции ТЭУ с прогнозируемыми показателями надежности для различных условий эксплуатации и определить режим работы КТЭУ, соответствующий наименьшей величине интенсивности отказов и наибольшей вероятности безотказной работы [29].

Для этой цели необходимо определить основные параметры и оценить показатели надежности ТЭУ.

Рассмотрены двухкаскадные ТЭУ с последовательным электрическим соединением каскадов, которые, как правило, собираются на базе унифицированных и одинаковых ветвей термоэлементов или стандартных модулей с такими ветвями. Для решения поставленной задачи воспользуемся выше приведенными соотношениями.

Общий перепад температур на двухкаскадном ТЭУ можно записать в виде (2.5)

$$\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2 = \Delta T_{\max 1} \Theta_1 + \Delta T_{\max 2} \Theta_2,$$

где  $\Delta T_1, \Delta T_2$  – перепад температур соответственно в «ХОЛОДНОМ» и «ГОРЯЧЕМ» каскадах (далее первом и втором каскадах), К;

$\Delta T_{\max 1}, \Delta T_{\max 2}$  – максимальный перепад температур соответственно в первом и втором каскадах, К;

$\Theta_1 = \frac{\Delta T_1}{\Delta T_{\max 1}}, \Theta_2 = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_{\max 2}}$  – относительные перепады температур в каскадах.

Холодопроизводительность  $Q_0$  двухкаскадного ТЭУ можно записать в виде (2.3)

$$Q_0 = n_1 I_{\max 1}^2 R_1 (2B_1 - B_1^2 - \Theta_1),$$

где  $n_1$  – количество термоэлементов, шт.;

$I_{\max 1} = \frac{e_1 T_0}{R_1}$  – максимальный рабочий ток, А;

$R_1$  – электрическое сопротивление ветви термоэлемента, Ом;

$B_1 = \frac{I}{I_{\max 1}}$  – относительный рабочий ток, отн. ед.

При последовательном электрическом соединении каскадов должно соблюдаться условие равенства рабочих токов в каскадах (2.4)

$$I_{\max 1} B_1 = I_{\max 2} B_2,$$

где  $B_2 = \frac{I}{I_{\max 2}}$  – относительный рабочий ток, отн. ед.;

$I_{\max 2} = \frac{e_2 T_1}{R_2}$  – максимальный рабочий ток, А.

Из условия теплового сопряжения каскадов отношение количества термоэлементов в смежных каскадах можно записать в виде (2.6)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{I_{\max 1}^2 R_1}{I_{\max 2}^2 R_2} \frac{\left[ 2B_1 \left( 1 + \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \Theta_1 \right) + B_1^2 - \Theta_1 \right]}{(2B_2 - B_2^2 - \Theta_2)}.$$

Используя соотношения (2.3 ... 2.6) получим уравнение третьей степени относительно  $B_1$

$$B_1^3 a - B_1^2 b + B_1 c - d = 0, \quad (2.12)$$

где  $a = 2 \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_o} \gamma;$

$$b = \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} + \frac{I_{\max 1}^2}{I_{\max 2}^2} + 2\gamma \left( 1 + 2 \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_o} \right);$$

$$c = 2 \left( \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} + \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} + C_1 \gamma \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_o} \right);$$

$$d = C_1 \left( \gamma + \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} \right) + \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max 2}};$$

$$\gamma = \frac{n_1 I_{\max 1}^2 R_1}{n_2 I_{\max 2}^2 R_2};$$

$$C_1 = \frac{Q_o}{n_1 I_{\max 1}^2 R_1}.$$

Решив уравнение (2.12) численными методами, получим значение  $B_1$  при заданных величинах  $n_1, n_2, Q_o, \Delta T$ .

Выражение (2.12) можно упростить с погрешностью менее 1% и записать в виде:

$$B_1^2 - B_1 c + d = 0. \quad (2.13)$$

Используя соотношения (2.3...2.6) получим выражения для определения  $\Theta_1$  и  $\Theta_2$

$$\Theta_1 = \frac{\frac{\Delta T}{\Delta T_{\max 2}} - 2B_1 \left( \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} - \gamma \right) + B_1^2 \left( \frac{I_{\max 1}^2}{I_{\max 2}^2} + \gamma \right)}{\frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} + \gamma \left( 1 - 2B_1 \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_o} \right)}, \quad (2.14)$$

$$\Theta_2 = 2B_1 \left( \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} - \gamma \right) + \gamma \Theta_1 \left( 1 - 2B_1 \frac{\Delta T_{\max}}{T_0} \right) - B_1^2 \left( \frac{I_{\max 1}^2}{I_{\max 2}^2} + \gamma \right). \quad (2.15)$$

Используя метод последовательных приближений, определяем последовательность температур. Затем уточняем величины  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $\Theta_1$ ,  $\Theta_2$  и т.д. с учетом температурной зависимости параметров. Достаточно двух-трех приближений.

Относительную величину интенсивности отказов ТЭУ можно представить в виде суммы интенсивностей отказов каждого каскада:

$$\frac{\lambda_{\Sigma}}{\lambda_0} = \frac{n_1 B_1^2 K_{T1} \left( \frac{\Delta T_1}{\Delta T_{\max 1}} + C_1 \right) \left( \frac{\Delta T_1}{T_0} + B_1 \right)^2}{\left( 1 + \frac{\Delta T_1}{T_0} \right)^2} + \frac{n_2 B_2^2 K_{T2} \left( \frac{\Delta T_2}{\Delta T_{\max 2}} + C_2 \right) \left( \frac{\Delta T_2}{T_1} + B_2 \right)^2}{\left( 1 + \frac{\Delta T_2}{T_1} \right)^2},$$

где  $\lambda_0$  – номинальная интенсивность отказов, 1/ч;

$$C_2 = \frac{Q_0 + W_1}{n_2 I_{\max 2}^2 R_2};$$

$W_1$  – мощность потребления первого каскада, Вт;

$K_{T1}$ ,  $K_{T2}$  – коэффициенты, учитывающие влияние низких температур [20].

В таблице А.2 (Приложение А) приведены результаты расчетов основных параметров двухкаскадного ТЭУ заданной конструкции ( $n_1 = 9$  при вариации величины  $\frac{n_1}{n_2} = 1,0; 0,83; 0,67; 0,5; 0,33; 0,2; 0,1$ ) при перепадах температур  $\Delta T = 60 \text{ К}; 70 \text{ К}; 80 \text{ К}; 90 \text{ К}$  и тепловой нагрузке  $Q_0 = 0,1 \text{ Вт}$ ,  $T = 300 \text{ К}$  и  $\frac{1}{s} = 10$ .

С уменьшением отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $\frac{n_1}{n_2}$  величина относительного рабочего тока  $B_1$  и  $B_2$  уменьшается

при заданном перепаде температур. С ростом перепада температур  $\Delta T$  величина относительного рабочего тока в каскадах  $B_1$  и  $B_2$  увеличивается при заданном отношении  $\frac{n_1}{n_2}$  (рис. 2.7).

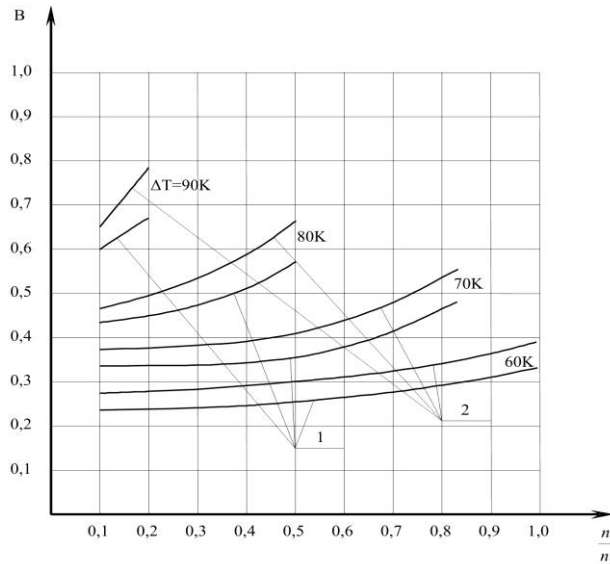


Рис. 2.7. Зависимость относительного рабочего тока в каскадах  $B_1$  и  $B_2$  двухкаскадного ТЭУ от отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $\frac{n_1}{n_2}$  при  $T = 300 \text{ К}$ ,  $Q_o = 0,1 \text{ Вт}$  и перепадах температур  $\Delta T = 60 \text{ К}$ ;  $70 \text{ К}$ ;  $80 \text{ К}$ ;  $90 \text{ К}$ , где 1 –  $B_1$ ; 2 –  $B_2$

С уменьшением отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $n_1/n_2$  относительный перепад  $\Theta_1$  в первом каскаде уменьшается, а во втором каскаде  $\Theta_2$  увеличивается. При этом для каждого значения перепада температур  $\Delta T$  можно подобрать такое отношение  $n_1/n_2$ , когда  $\Theta_1 = \Theta_2$ , т.е. относительные перепады равны. Так для  $\Delta T = 60 \text{ К}$   $T = 300 \text{ К}$ ,  $Q_o = 0,1 \text{ Вт}$  при  $n_1/n_2 = 0,2$   $\Theta_1 = \Theta_2 = 0,4$  (рис. 2.8).

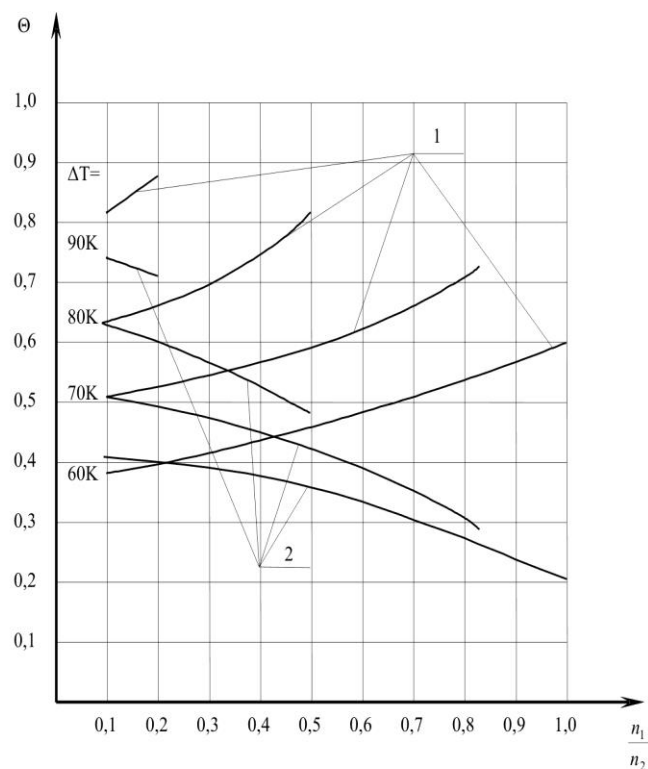


Рис. 2.8. Зависимость относительного перепада температур  $\Theta_1$  и  $\Theta_2$  двухкаскадного ТЭУ от отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $n_1/n_2$  при  $T = 300 \text{ K}$ ,  $Q_o = 0,1 \text{ Вт}$  и перепадах температур  $\Delta T = 60 \text{ K}$ ;  $70 \text{ K}$ ;  $80 \text{ K}$ ;  $90 \text{ K}$ , где 1 –  $\Theta_1$ ; 2 –  $\Theta_2$

С ростом общего перепада температур  $\Delta T$  величина относительных перепадов температур  $\Theta_1$  и  $\Theta_2$  увеличивается при заданном значении  $n_1/n_2$ .

С уменьшением отношения количества термоэлементов в каскадах двухкаскадного ТЭУ  $n_1/n_2$  величина промежуточной температуры  $T_1$  уменьшается. С ростом общего перепада температур  $\Delta T$  величина промежуточной температуры уменьшается (рис. 2.9).



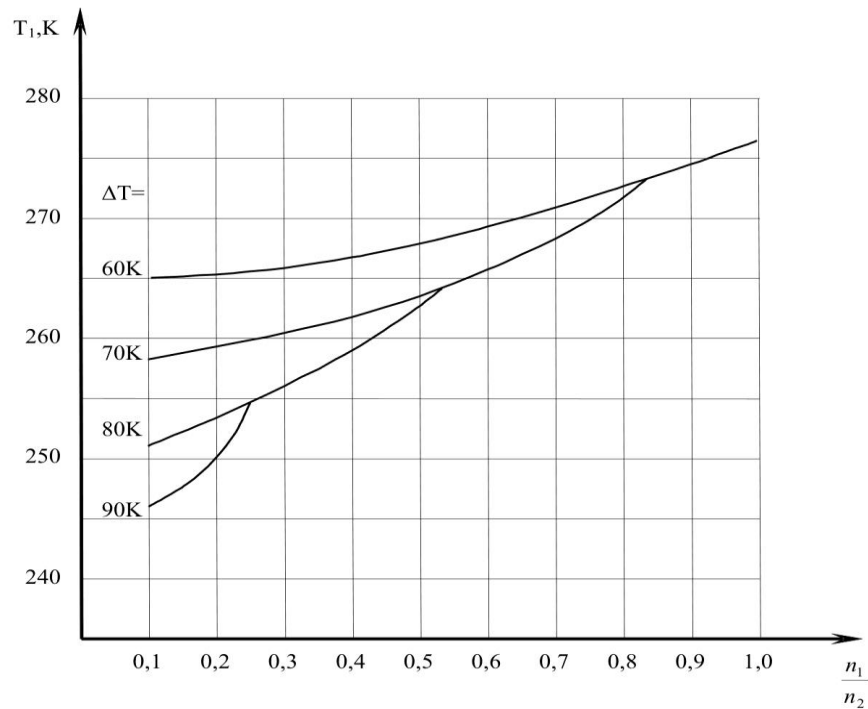


Рис. 2.9. Зависимость промежуточной температуры  $T_1$  двухкаскадного ТЭУ от отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $n_1/n_2$  при  $T = 300$  К,  $Q_0 = 0,1$  Вт и перепадах температур  $\Delta T = 60$  К;  $70$  К;  $80$  К;  $90$  К

Характерной особенностью зависимости  $\frac{\lambda_\Sigma}{n_1 \lambda_0} = f\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$  (рис. 2.10)

является наличие минимума функции  $\frac{\lambda_\Sigma}{n_1 \lambda_0}$  при соответствующих значениях

$n_1/n_2$  для различных перепадов температур  $\Delta T$ . С ростом перепада

температур  $\Delta T$  величина  $\left(\frac{\lambda_\Sigma}{n_1 \lambda_0}\right)_{\min}$  увеличивается и смещается в сторону

меньших значений  $n_1/n_2$ . Соотношение  $\frac{\lambda_\Sigma}{n_1 \lambda_0}$  носит обобщенный характер и

может использоваться для расчетов при любом значении величины  $n_1$ .

Характер зависимости  $\lambda_\Sigma = f\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$  (рис. 2.14) идентичен рисунку 2.10.

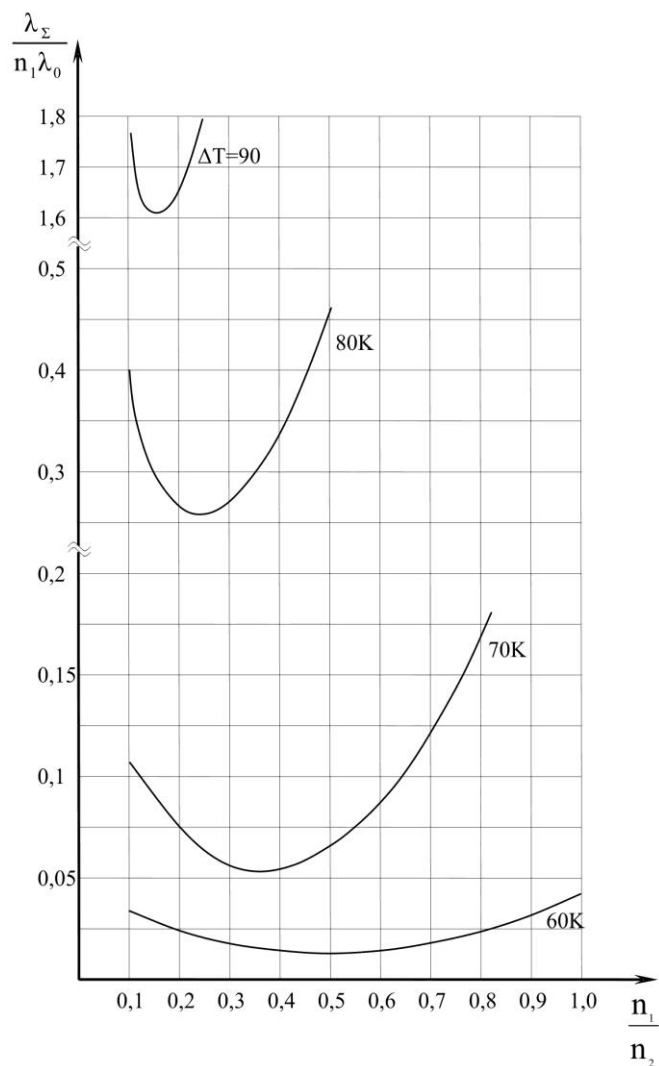


Рис. 2.10. Зависимость относительной величины интенсивности отказов  $\frac{\lambda_\Sigma}{n_1 \lambda_0}$  двухкаскадного ТЭУ от отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $n_1/n_2$  при  $T = 300$  К,  $Q_0 = 0,1$  Вт и перепадах температур  $\Delta T = 60$  К; 70 К; 80 К; 90 К

Обработка информации, представленной на рис. 2.10, направлена на получение зависимости минимальных значений относительной величины интенсивности отказов  $\left(\frac{\lambda_\Sigma}{n_1 \lambda_0}\right)_{\min}$  от отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$  и от перепадов температур  $\Delta T$ . Для вычисления

значений функции вне области, ограниченной заданными точками, использованы методы экстраполяции.

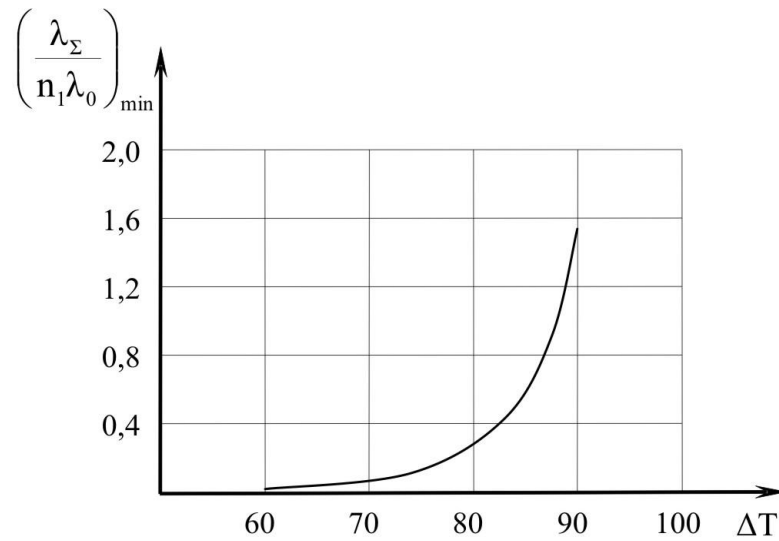


Рис. 2.11. Зависимость минимальной величины относительной интенсивности отказов  $\left(\frac{\lambda_{\Sigma}}{\lambda_0 n_1}\right)_{\min}$  двухкаскадного ТЭУ от перепада температур (при  $T = 300 \text{ К}$ ,  $Q_0 = 0,1 \text{ Вт}$  и  $\Delta T = 60 \text{ К}; 70 \text{ К}; 80 \text{ К}; 90 \text{ К}$ )

При нахождении зависимости минимальной величины относительной интенсивности отказов  $\left(\frac{\lambda_{\Sigma}}{\lambda_0 n_1}\right)_{\min}$  двухкаскадного ТЭУ от отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$  принято  $T = 300 \text{ К}$ ,  $Q_0 = 0,1 \text{ Вт}$  и перепады температур  $\Delta T = 60 \text{ К}; 70 \text{ К}; 80 \text{ К}; 90 \text{ К}$

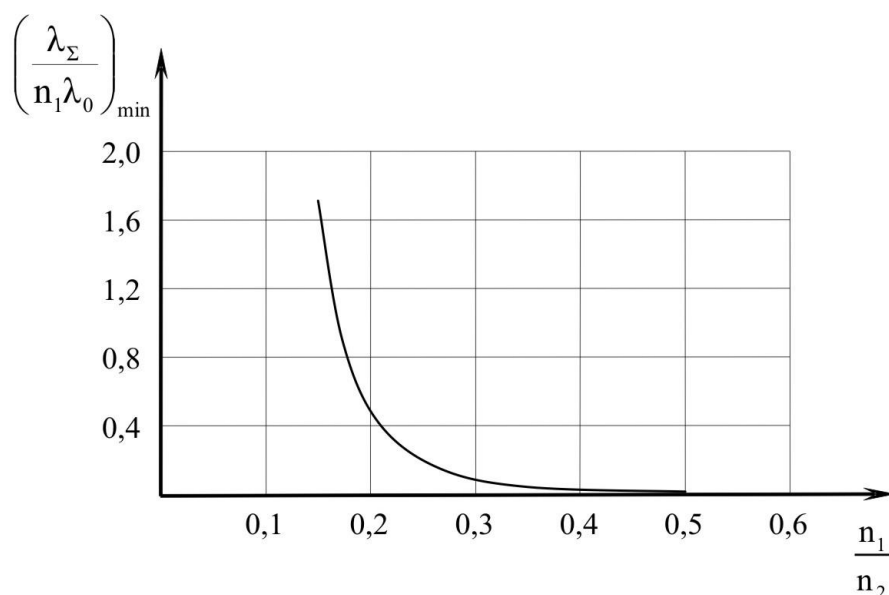


Рис. 2.12. Зависимость минимальной величины относительной интенсивности отказов  $\left(\frac{\lambda_\Sigma}{\lambda_0 n_1}\right)_{\min}$  двухкаскадного термоэлектрического устройства (ТЭУ) от отношения термоэлементов в каскадах  $(n_1/n_2)$

Зависимость минимальной величины относительной интенсивности отказов  $\left(\frac{\lambda_\Sigma}{\lambda_0 n_1}\right)_{\min}$  двухкаскадного термоэлектрического устройства (ТЭУ) как от отношения термоэлементов в каскадах  $n_1/n_2$ , так и от перепада температур  $\Delta T$  приведена на рис. 2.13.

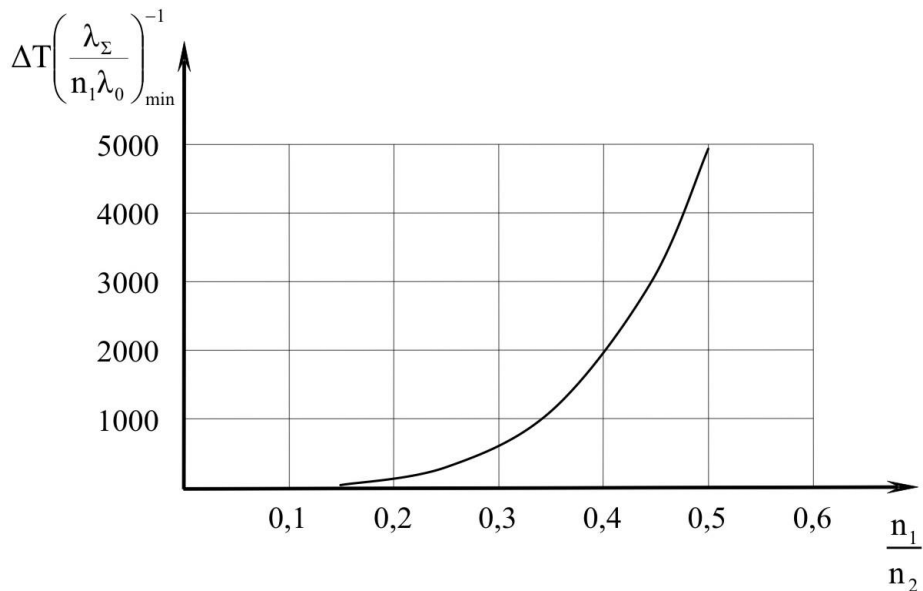


Рис. 2.13. Зависимость минимальной величины относительной интенсивности отказов  $\left( \frac{\lambda_\Sigma}{\lambda_0 n_1} \right)_{\min}$  двухкаскадного ТЭУ от отношения термоэлементов в каскадах  $\left( n_1/n_2 \right)_{\min}$  и перепада температур  $\Delta T$ .

Таким образом, связь между минимальными значениями относительной интенсивности отказов  $\left( \frac{\lambda_\Sigma}{n_1 \lambda_0} \right)_{\min}$  и соответствующими им перепадами температур  $\Delta T$  и отношениями термоэлементов в каскадах  $\left( n_1/n_2 \right)_{\min}$  описывается аналитической зависимостью

$$\Delta T \left( \frac{\lambda_\Sigma}{\lambda_0 n_1} \right)_{\min}^{-1} \left( \frac{n_1}{n_2} \right)_{\min}^{-3,755} = 6,56 \cdot 10^4, \quad (2.16)$$

где  $\left( n_1/n_2 \right)_{\min} = 5,61e^{-0,04\Delta T}$  – отношение термоэлементов в каскадах, соответствующее минимуму относительной интенсивности отказов при заданном перепаде температур  $\Delta T$ .

Зависимость использована при проектировании термоэлектрических устройств по условию минимума интенсивности отказов.

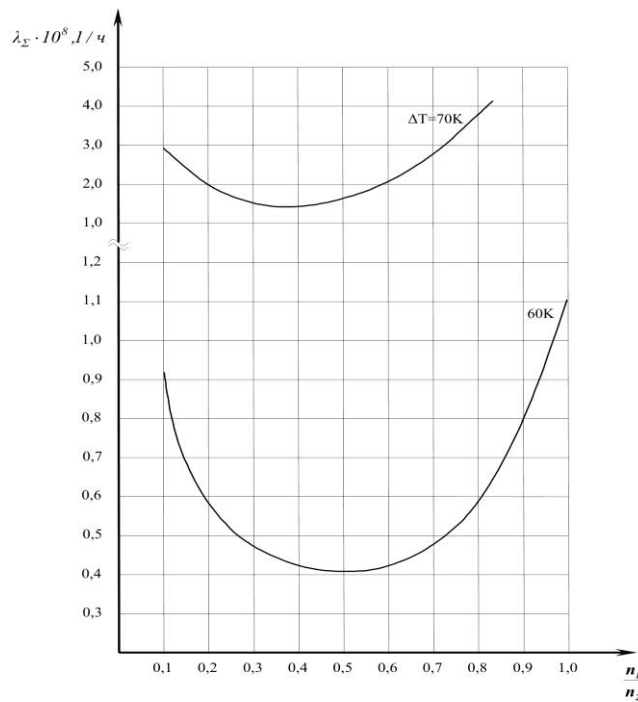


Рис. 2.14. Зависимость интенсивности отказов  $\lambda_{\Sigma}$  двухкаскадного ТЭУ от отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $n_1/n_2$  при  $n_1 = 9$ ,  $T = 300$  К,  $Q_0 = 0,1$  Вт и перепадах температур  $\Delta T = 60$  К; 70 К

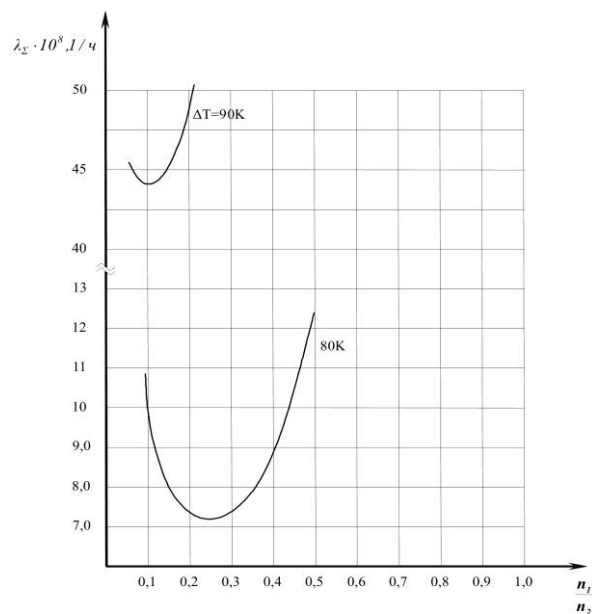


Рис. 2.14 а. Зависимость интенсивности отказов  $\lambda_{\Sigma}$  двухкаскадного ТЭУ от отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $n_1/n_2$  при  $n_1 = 9$ ,  $T = 300$  К,  $Q_0 = 0,1$  Вт и перепадах температур  $\Delta T = 80$  К; 90 К

На рисунке 2.15 представлена зависимость вероятности безотказной работы  $P$  двухкаскадного ТЭУ от отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $\frac{n_1}{n_2}$  при  $n_1 = 9$ ,  $T = 300 \text{ К}$ ,  $Q_0 = 0,1 \text{ Вт}$  для различных перепадов температур  $\Delta T$ . Характерной особенностью кривых является наличие максимума при соответствующих значениях  $\frac{n_1}{n_2}$  для различных перепадов температур  $\Delta T$ . С ростом перепада температур вероятность безотказной работы уменьшается и максимум сдвигается в сторону меньших значений отношения  $\frac{n_1}{n_2}$ .

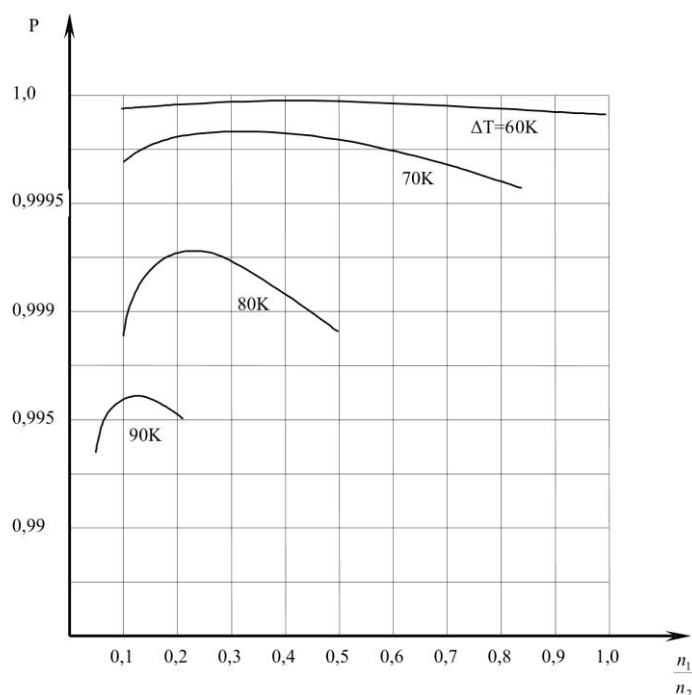


Рис. 2.15. Зависимость вероятности безотказной работы  $P$  двухкаскадного ТЭУ от отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $n_1/n_2$  при  $n_1 = 9$ ,  $T = 300 \text{ К}$ ,  $Q_0 = 0,1 \text{ Вт}$  и перепадах температур  $\Delta T = 60 \text{ К}$ ;  $70 \text{ К}$ ;  $80 \text{ К}$ ;  $90 \text{ К}$

На рисунке 2.16 представлена зависимость холодильного коэффициента  $E_k$  двухкаскадного ТЭУ от отношения количества

термоэлементов в смежных каскадах  $\frac{n_1}{n_2}$  при,  $T = 300 \text{ К}$ ,  $Q_o = 0,1 \text{ Вт}$  для различных перепадов температур  $\Delta T$ .

Характерной особенностью кривых является наличие максимума  $E_k$  при соответствующих значениях  $n_1/n_2$  для различных перепадов температур. С ростом перепада температур холодильный коэффициент уменьшается и его максимум смещается в сторону меньших значений отношения  $n_1/n_2$ .

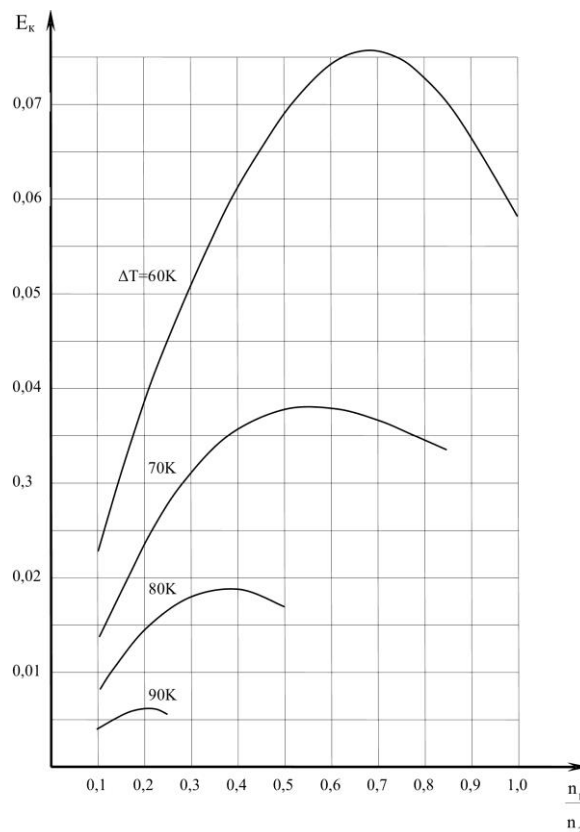


Рис. 2.16. Зависимость холодильного коэффициента  $E_k$  двухкаскадного ТЭУ от отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $n_1/n_2$  при  $T = 300 \text{ К}$ ,  $Q_o = 0,1 \text{ Вт}$  и перепадах температур  $\Delta T = 60 \text{ К}$ ;  $70 \text{ К}$ ;  $80 \text{ К}$ ;  $90 \text{ К}$

Таким образом, при выборе конструкции двухкаскадного ТЭУ целесообразно ориентироваться на ту конструкцию, которая бы обеспечивала минимальную интенсивность отказов при заданных перепаде температур и



тепловой нагрузке. При этом величина холодильного коэффициента близка к максимальному значению.

На рисунке 2.17 представлена зависимость относительной величины интенсивностей отказов  $\frac{\lambda_{\Sigma}}{\lambda_0 n_1}$  от отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $n_1/n_2$  и перепада температур  $\Delta T$  двухкаскадного ТЭУ при  $T = 300 \text{ К}$ ,  $Q_0 = 0,1 \text{ Вт}$ .

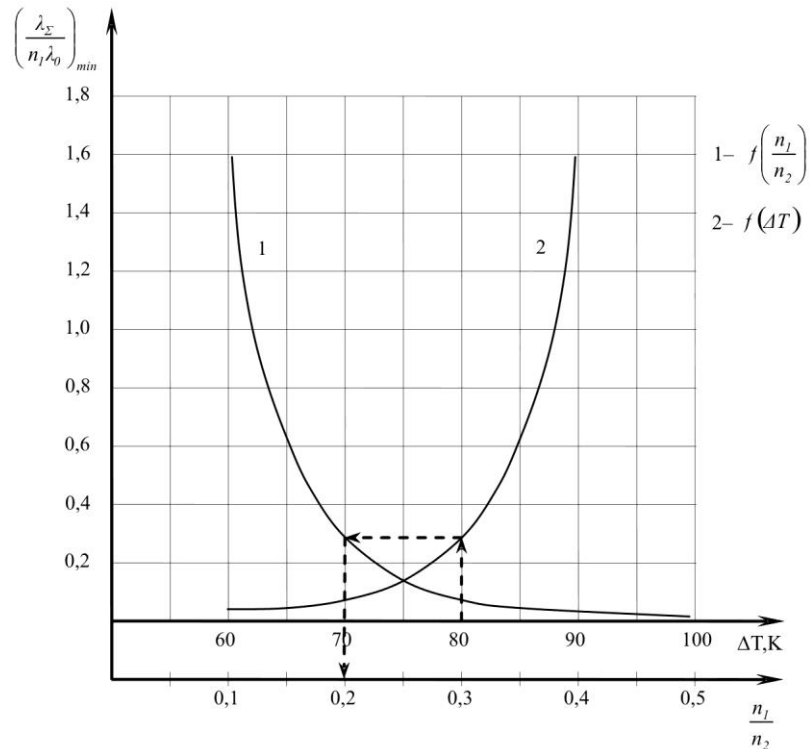


Рис. 2.17. Зависимость величины  $\left(\frac{\lambda_{\Sigma}}{n_1 \lambda_0}\right)_{\min}$  двухкаскадного ТЭУ от отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $n_1/n_2$  и от перепада температур  $\Delta T$  при  $T = 300 \text{ К}$ ,  $Q_0 = 0,1 \text{ Вт}$

С ростом перепада температур  $\Delta T$  величина  $\left(\frac{\lambda_{\Sigma}}{n_1 \lambda_0}\right)_{\min}$  увеличивается. С уменьшением отношения термоэлементов в смежных каскадах  $n_1/n_2$  интенсивность отказов также увеличивается. Так, при  $\Delta T = 80 \text{ К}$

минимальная интенсивность отказов составляет  $\left(\frac{\lambda_{\Sigma}}{n_1 \lambda_0}\right)_{\min} = 0,27$ . При этом оптимальное отношение количества термоэлементов в смежных каскадах составляет  $n_1/n_2 = 0,2$ .

Остальные основные параметры  $\Theta_1, \Theta_2, V_1, V_2, T_1$  легко определить с помощью графических зависимостей, представленных на рисунках 2.18 ... 2.20.

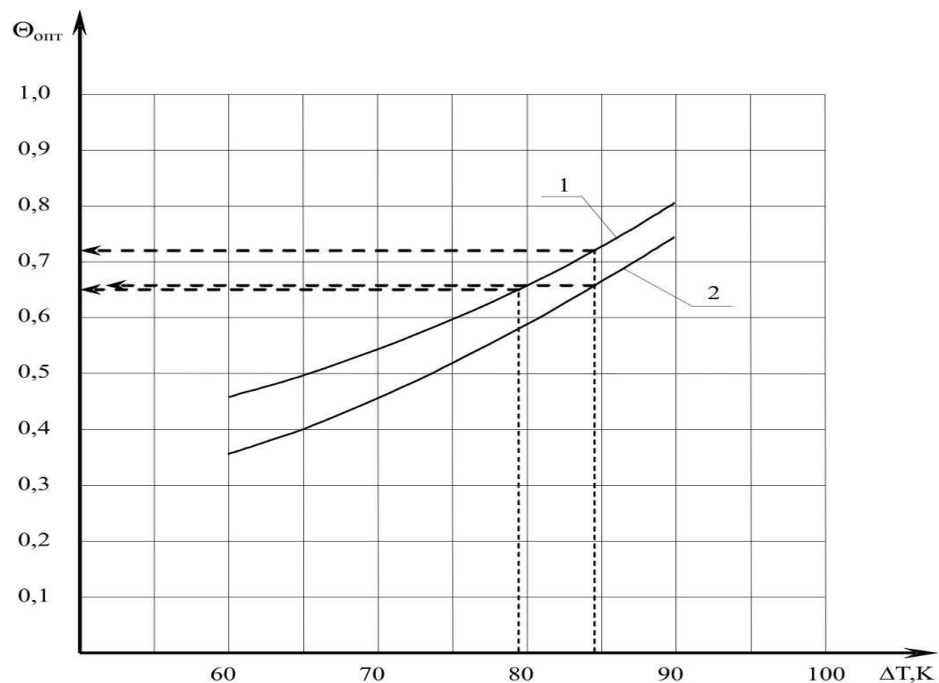


Рис. 2.18. Зависимость оптимальных относительных перепадов температур  $\Theta_{\text{опт1}}$  и  $\Theta_{\text{опт2}}$  в каскадах, соответствующих наименьшей интенсивности отказов от общего перепада температур  $\Delta T$  двухкаскадного ТЭУ при  $T = 300 \text{ K}$ ,  $Q_0 = 0,1 \text{ Вт}$

Анализируя зависимость относительных перепадов температур  $\Theta_{\text{опт1}}$  и  $\Theta_{\text{опт2}}$  в каскадах, соответствующих наименьшей интенсивности отказов от общего перепада температур  $\Delta T$  двухкаскадного ТЭУ при  $T = 300 \text{ K}$ ,  $Q_0 = 0,1 \text{ Вт}$ , получаем значения:

при  $\Delta T = 80 \text{ K}$   $\Theta_1 = 0,66$ ;  $\Theta_2 = 0,6$ ;  $B_1 = 0,48$ ;  $B_2 = 0,45$   
 промежуточная температура  $T_1 = 254 \text{ K}$ .

для  $\Delta T = 85 \text{ K}$   $\Theta_1 = 0,72$ ;  $\Theta_2 = 0,67$ ;  $B_1 = 0,56$ ;  $B_2 = 0,52$  и  
 промежуточная температура  $T_1 = 249 \text{ K}$ .

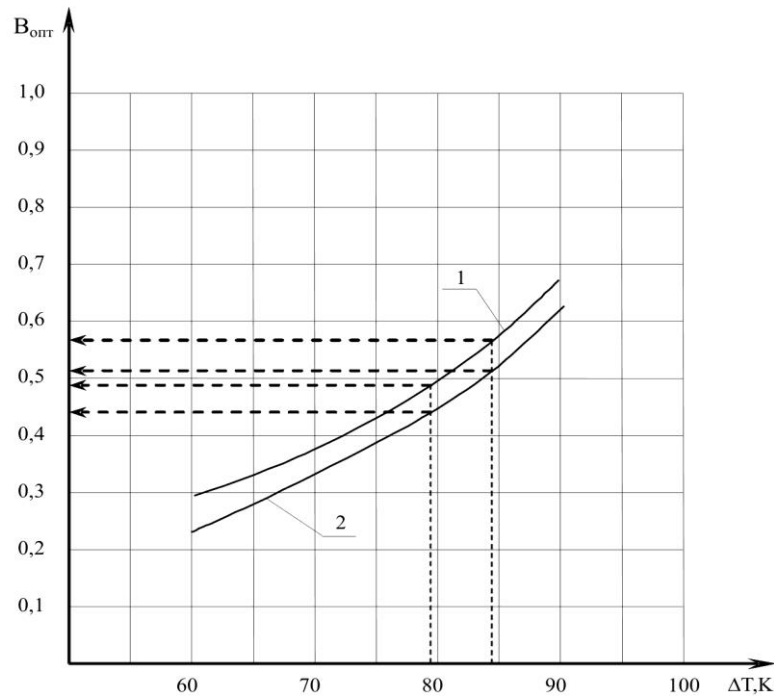


Рис. 2.19. Зависимость величины относительного рабочего тока  $V_{\text{опт}}$ , соответствующей наименьшей интенсивности отказов, от общего перепада температур  $\Delta T$  при  $T = 300 \text{ K}$ ,  $Q_0 = 0,1 \text{ Вт}$

Представлена и рассмотрена модель взаимосвязи показателей надежности двухкаскадных ТЭУ различных конструкций с основными значимыми параметрами при последовательном электрическом соединении каскадов.

Получены соотношения для оценки показателей надежности двухкаскадных ТЭУ различных унифицированных конструкций, работающих в широком диапазоне перепадов температуры с учетом тепловой нагрузки.

Приведенные данные позволяют выбрать унифицированную конструкцию двухкаскадного ТЭУ, обеспечивающего наименьшую интенсивность отказов.

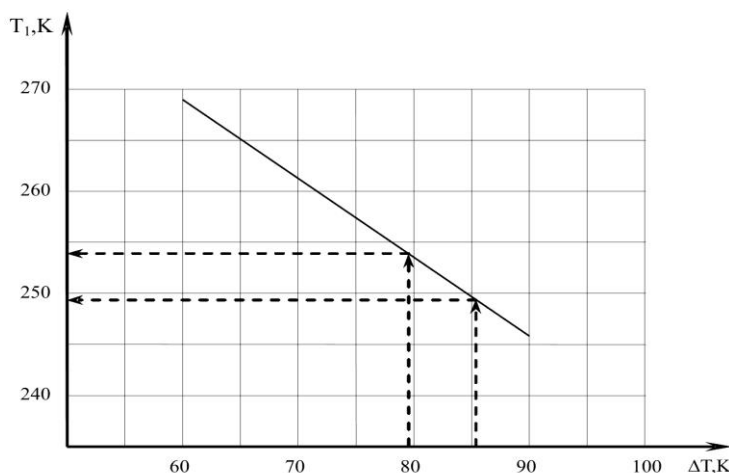


Рис. 2.20. Зависимость промежуточной температуры  $T_1$ , обеспечивающей наименьшую интенсивность отказов двухкаскадного ТЭУ, от перепада температур  $\Delta T$  при  $T = 300 \text{ K}$ ,  $Q_o = 0,1 \text{ Вт}$

Проведенный сравнительный анализ расчетных данных основных параметров показал возможность прогнозирования показателей надежности двухкаскадных ТЭУ различных унифицированных конструкций и вести рациональное надежность-ориентированное проектирование РЭА с использованием двухкаскадных ТЭУ.

#### 2.4. Влияние тепловой нагрузки на показатели надежности

В процессе проектирования КТЭУ в распоряжении разработчика имеется ряд конструкций КТЭУ либо ряд унифицированных (стандартных) модулей, отличающихся друг от друга количеством термоэлементов заданной геометрии. Объект охлаждения (элемент электроники либо составная часть РЭА) характеризуется мощностью собственных

тепловыделений, габаритами, массой, рабочей температурой, которые и определяют суммарную тепловую нагрузку.

При компоновке КТЭУ необходимо оценить влияние величины тепловой нагрузки на основные параметры и показатели надежности при заданном перепаде температур. Для этой цели необходимо при заданном перепаде температур  $\Delta T$  и выбранной конструкции КТЭУ (количество термоэлементов в первом  $n_1$  и втором  $n_2$  каскадах) определить основные параметры, а именно, относительные рабочие токи  $B_1$  и  $B_2$  и относительные перепады температур  $\Theta_1$  и  $\Theta_2$  в каскадах в зависимости от величины тепловой нагрузки и затем оценить показатели надежности КТЭУ [20].

Для решения поставленной задачи воспользуемся известными соотношениями:

Холодопроизводительность  $Q_o$  двухкаскадного ТЭУ (2.3)

$$Q_o = n_1 I_{\max 1}^2 R_1 (2B_1 - B_1^2 - \Theta_1).$$

Последовательное электрическое соединение каскадов определяет равенство рабочих токов в каскадах (2.4)

$$I_{\max 1} B_1 = I_{\max 2} B_2.$$

Общий перепад температур на двухкаскадном ТЭУ (2.5)

$$\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2 = \Delta T_{\max 1} \Theta_1 + \Delta T_{\max 2} \Theta_2.$$

Условие теплового сопряжения каскадов (2.6)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{I_{\max 1}^2 R_1}{I_{\max 2}^2 R_2} \cdot \frac{\left[ 2B_1 \left( 1 + \frac{\Delta T_{\max 1} \Theta_1}{T_0} \right) + B_1^2 - \Theta_1 \right]}{(2B_2 - B_2^2 - \Theta_2)}.$$

Используя соотношения (2.3 ... 2.6) получим:

$$\frac{Q_o}{n_1 I_{\max 1}^2 R_1} = \frac{2B_1 b - B_1^2 c + 2B_1^3 a \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} - \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max 2}}}{d - 2B_1 a \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0}}, \quad (2.17)$$

$$\text{где } a = \frac{n_1 I_{\max 1}^2 R_1}{n_2 I_{\max 2}^2 R_2}; \quad d = \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} + a; \quad b = \frac{I_{\max 1}}{I_{\max 2}} + \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}};$$

$$c = \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} + 4a \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} + \frac{I_{\max 1}^2}{I_{\max 2}^2} + 2a.$$

Обозначим  $C_1 = \frac{Q_o}{n_1 I_{\max 1}^2 R_1}$  – относительная тепловая нагрузка первого

каскада, отн. ед.

Из выражения (2.16) получим соотношение для определения относительного рабочего тока  $B_1$  для заданных перепада температур  $\Delta T$  и тепловой нагрузки.

$$2B_1^3 \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} - B_1^2 c + 2B_1 \left( b + aC_1 \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \right) - \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max 2}} - C_1 d = 0. \quad (2.18)$$

Для упрощения расчетов с погрешностью не более 1 % уравнение (2.17) можно записать в виде квадратного уравнения:

$$B_1^2 c + 2B_1 \left( b + aC_1 \frac{\Delta T_{\max 1}}{T_0} \right) + \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max 2}} + C_1 d = 0. \quad (2.19)$$

Используя метод последовательных приближений, определяем основные значимые параметры  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $\Theta_1$ ,  $\Theta_2$  с учетом температурной зависимости параметров. Достаточно двух – трех приближений. При этом  $\Theta_1$  и  $\Theta_2$  вычисляем по формулам:

$$\Theta_1 = 2B_1 - B_1^2 - C_1; \quad (2.20)$$

$$\Theta_2 = \frac{\Delta T}{\Delta T_{\max 2}} - \frac{\Delta T_{\max 1}}{\Delta T_{\max 2}} (2B_1 - B_1^2 - C_1). \quad (2.21)$$

Для двухкаскадного ТЭУ относительная величина интенсивности отказов записывается в виде (2.2):

$$\frac{\lambda_{\Sigma}}{\lambda_0} = \frac{n_1 B_1^2 K_{T1} \left( \frac{\Delta T_1}{\Delta T_{\max 1}} + C_1 \right) \left( \frac{\Delta T_1}{T_0} + B_1 \right)^2}{\left( 1 + \frac{\Delta T_1}{T_0} \right)^2} + \frac{n_2 B_2^2 K_{T2} \left( \frac{\Delta T_2}{\Delta T_{\max 2}} + C_2 \right) \left( \frac{\Delta T_2}{T_1} + B_2 \right)^2}{\left( 1 + \frac{\Delta T_2}{T_1} \right)^2},$$

где  $\lambda_0$  – номинальная интенсивность отказов, 1/ч.

Данные расчетов показателей надежности и основных значимых параметров сведены в таблицы А.3 ... А.5 (Приложение А) для  $1/s = 10$ ,  $T = 300$  К,  $\Delta T = 60$  К, 70 К, 80 К при вариации отношения количества термоэлементов в смежных каскадах  $\frac{n_1}{n_2} = 0,5; 0,33; 0,20$  и усредненном

значении эффективности термоэлектрического модуля  $\bar{z}_i = (2,4...2,5) \cdot 10^{-3}$  1/К.

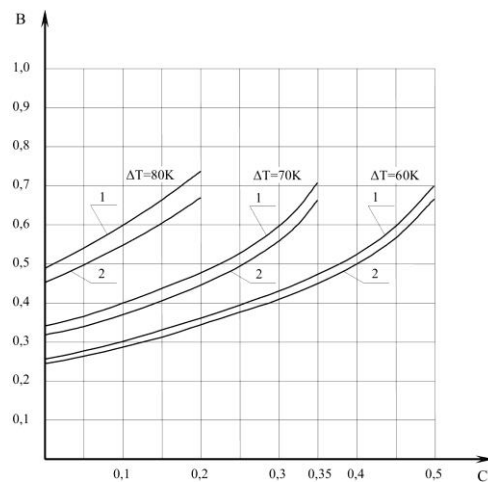


Рис. 2.21. Зависимость относительного рабочего тока  $B_1$  и  $B_2$  в каскадах 2-х каскадного ТЭУ от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  при  $\Delta T = 60$  К; 70 К; 80 К,  $T = 300$  К,  $n_1 = 9$ ,  $n_1/n_2 = 0,5$

Приведенная на рисунках 2.21 ... 2.23 функциональная зависимость относительного рабочего тока  $B_1$  и  $B_2$  в каскадах двухкаскадного ТЭУ от

относительной тепловой нагрузки  $C_1$  позволяет определить  $B_1$  и  $B_2$  при заданном значении  $C_1$  и  $\Delta T$  для различных значений  $\frac{n_1}{n_2} = 0,5; 0,33; 0,20$ .

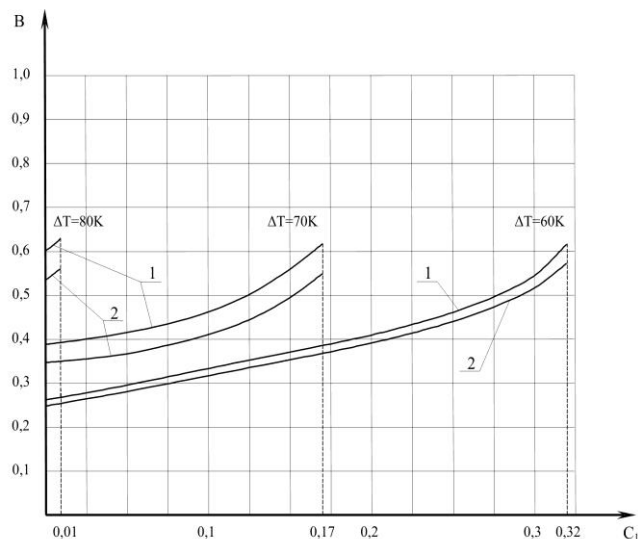


Рис. 2.22. Зависимость относительного рабочего тока  $B_1, B_2$  в каскадах 2-х каскадного ТЭУ от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  при  $\Delta T = 60$  К; 70 К; 80 К,  $T = 300$  К,  $n_1 = 9$ ,  $n_1/n_2 = 0,33$ , где 1 –  $B_1$ ; 2 –  $B_2$

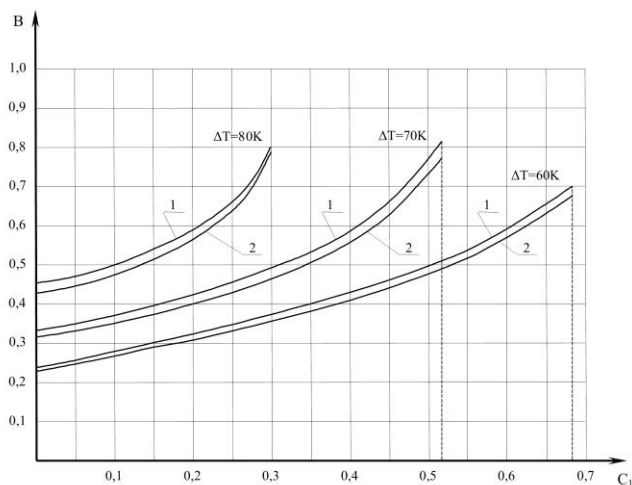


Рис. 2.23. Зависимость относительного рабочего тока  $B_1, B_2$  в каскадах 2-х каскадного ТЭУ от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  при  $\Delta T = 60$  К; 70 К; 80 К,  $T = 300$  К,  $n_1 = 9$ ,  $n_1/n_2 = 0,2$ , где 1 –  $B_1$ ; 2 –  $B_2$



С ростом тепловой нагрузки величина относительного рабочего тока  $V_1$  и  $V_2$  увеличивается при заданном перепаде температур  $\Delta T$ . С ростом перепада температур  $\Delta T$  величина относительного рабочего тока  $V_1$  и  $V_2$  увеличивается при заданной тепловой нагрузке  $C_1$ .

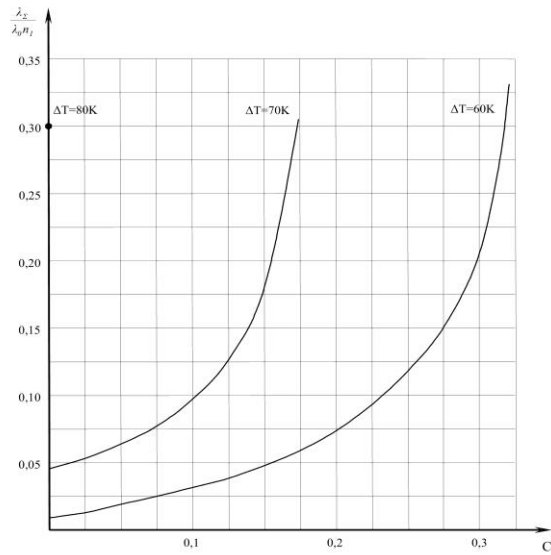


Рис. 2.24. Зависимость относительной величины интенсивности отказов

$\frac{\lambda_{\Sigma}}{n_1 \lambda_0}$  2-х каскадного ТЭУ от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  при

$\Delta T = 60\text{ K}; 70\text{ K}; 80\text{ K}, T = 300\text{ K}, n_1 = 9, n_1/n_2 = 0,5$

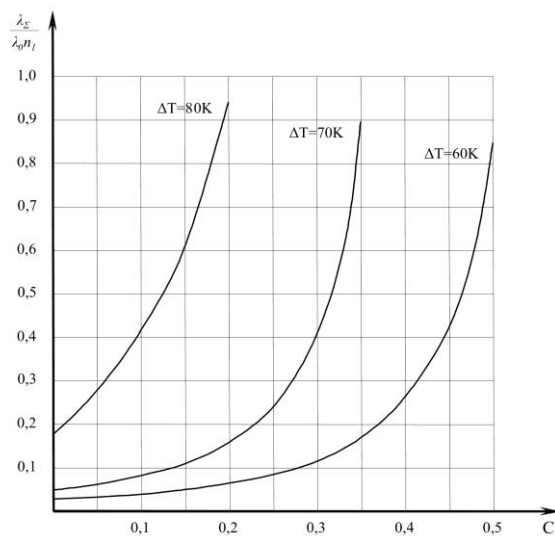


Рис. 2.25. Зависимость относительной величины интенсивности отказов

$\frac{\lambda_{\Sigma}}{\lambda_0 n_1}$  2-х каскадного ТЭУ от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  при

$\Delta T = 60\text{K}; 70\text{K}; 80\text{K}, T = 300\text{K}, n_1/n_2 = 0,33$

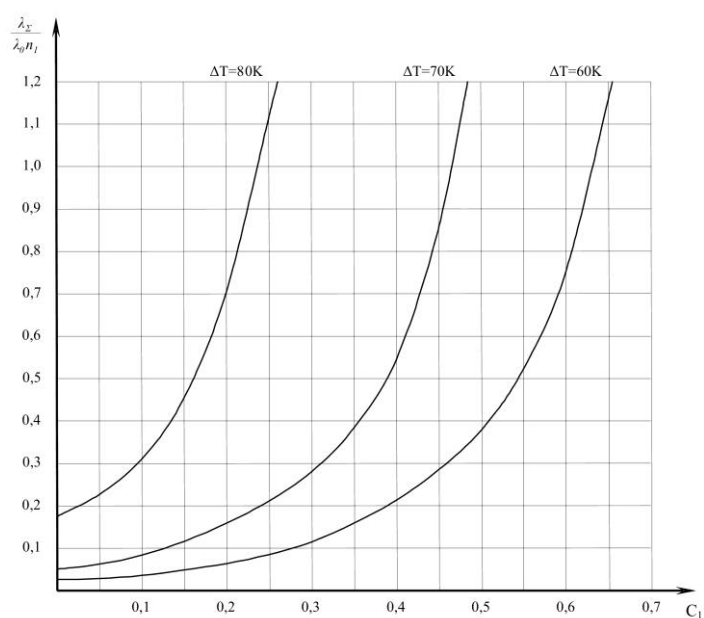


Рис. 2.26. Зависимость относительной величины интенсивности отказов

$\frac{\lambda_{\Sigma}}{\lambda_0 n_1}$  2-х каскадного ТЭУ от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  при

$\Delta T = 60\text{K}; 70\text{K}; 80\text{K}, T = 300\text{K}, n_1/n_2 = 0,2$

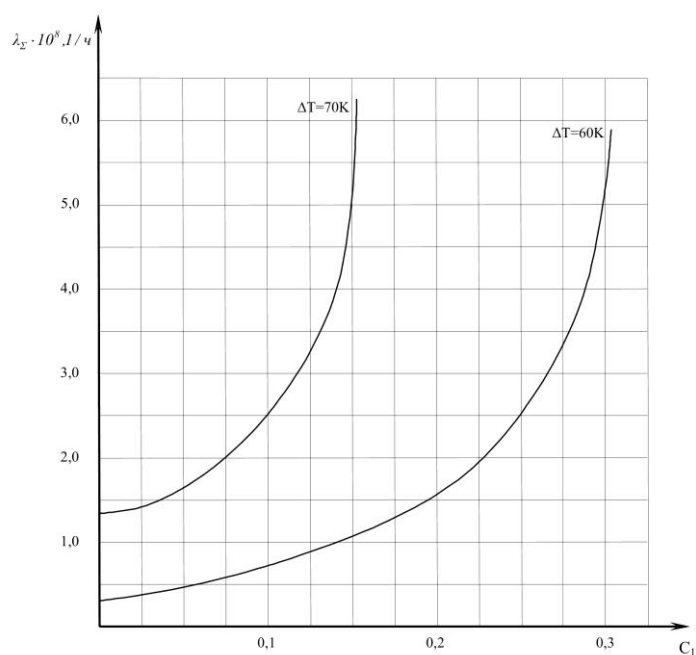


Рис. 2.28. Зависимость интенсивности  $\lambda_{\Sigma}$  2-х каскадного ТЭУ от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  при  $\Delta T = 60 \text{ К}; 70 \text{ К}; 80 \text{ К}$ ,  $T = 300 \text{ К}$ ,  $n_1/n_2 = 0,5$

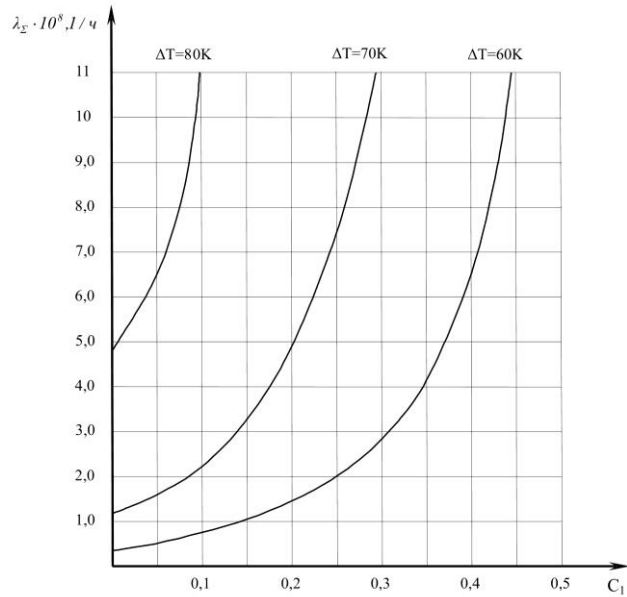


Рис. 2.27. Зависимость интенсивности отказов  $\lambda_{\Sigma}$  2-х каскадного ТЭУ от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  при  $\Delta T = 60 ; 70 \text{ К}; 80 \text{ К}$ ,  $T = 300 \text{ К}$ ,  $n_1 = 9$ ,  $n_1/n_2 = 0,33$

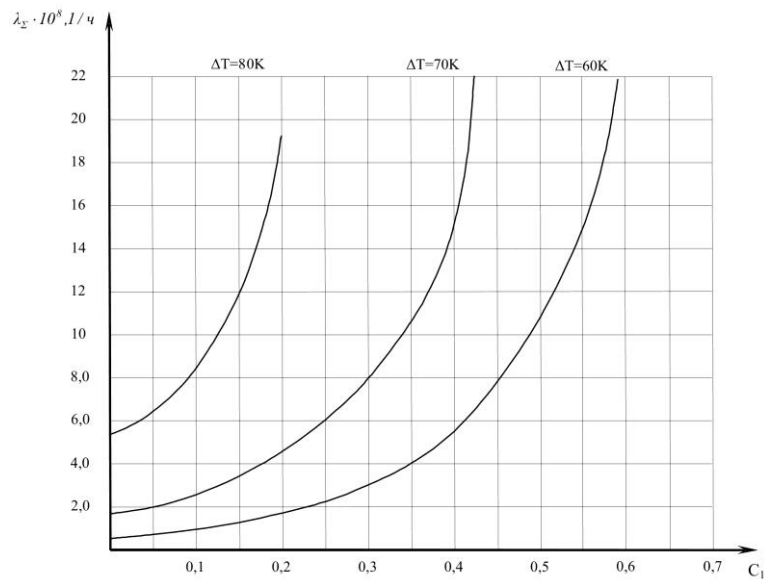


Рис. 2.29. Зависимость интенсивности отказов  $\lambda_{\Sigma}$  2-х каскадного ТЭУ от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  при  $\Delta T = 60$  К; 70 К; 80 К,  $T = 300$  К,  $n_1 = 9$ ,  $n_1/n_2 = 0,2$

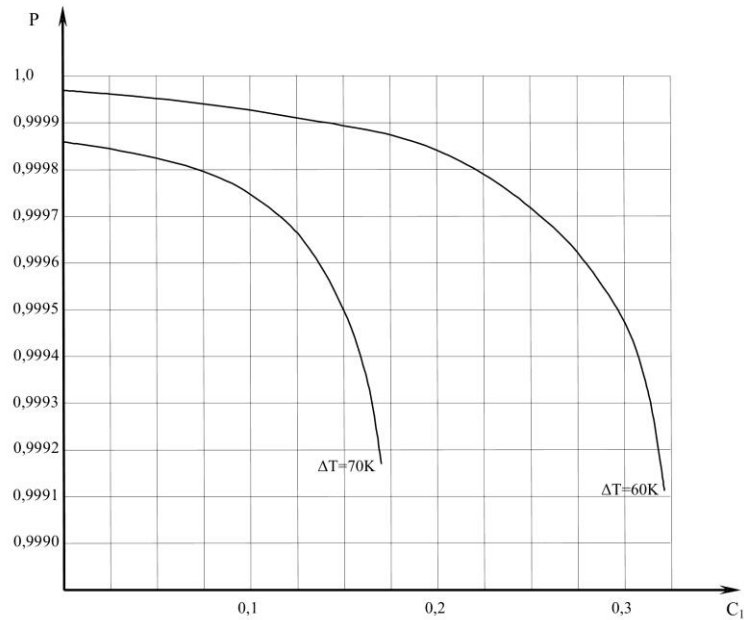


Рис. 2.30. Зависимость вероятности безотказной работы  $P$  2-х каскадного ТЭУ от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  при  $\Delta T = 60$  К; 70 К; 80 К,  $T = 300$  К,  $n_1 = 9$ ,  $n_1/n_2 = 0,5$

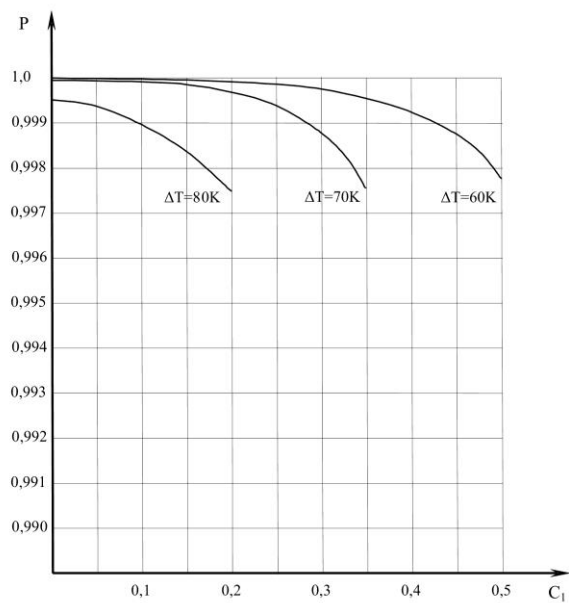


Рис. 2.31. Зависимость вероятности безотказной работы  $P$  2-х каскадного ТЭУ от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  при  $\Delta T = 60$  К; 70 К; 80 К,  $T = 300$  К,  $n_1 = 9$ ,  $n_1/n_2 = 0,33$

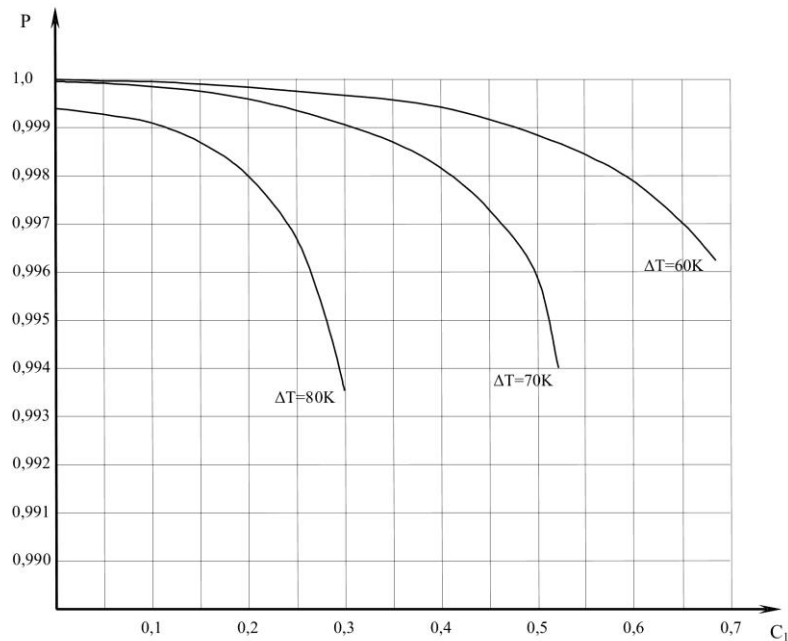


Рис. 2.32. Зависимость вероятности безотказной работы  $P$  2-х каскадного ТЭУ от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  при  $\Delta T = 60$  К; 70 К; 80 К,  $T = 300$  К,  $n_1 = 9$ ,  $n_1/n_2 = 0,2$

Характер зависимости интенсивности отказов  $\lambda_{\Sigma}$  от относительной тепловой нагрузки  $C_1$  (рис. 2.27 ... 2.29) идентичен рисунку 2.26.

С ростом тепловой нагрузки  $C_1$  величина относительной интенсивности отказов  $\frac{\lambda_{\Sigma}}{n_1 \lambda_0}$  увеличивается (рис. 2.24 ... 2.26) при различных

значениях отношения  $\frac{n_1}{n_2} = 0,5; 0,33; 0,20$  и перепада температур  $\Delta T$ . С

ростом перепада температур  $\Delta T$  величина относительной интенсивности отказов увеличивается при заданной тепловой нагрузке  $C_1$  для различных

значений отношения  $\frac{n_1}{n_2}$ . С ростом тепловой нагрузки  $C_1$  вероятность безотказной работы  $P$  уменьшается (рис. 2.30 ... 2.32) при заданном перепаде температур  $\Delta T$  для различных значений  $\frac{n_1}{n_2} = 0,5; 0,33; 0,20$ .

С ростом перепада температур  $\Delta T$  вероятность безотказной работы  $P$  также уменьшается при заданной тепловой нагрузке  $C_1$  для различных значений  $\frac{n_1}{n_2} = 0,5; 0,33; 0,20$ .

## 2.5. Алгоритм расчета показателей каскадного ТЭУ

С учетом приведенных аналитических и графических зависимостей основных показателей ТЭУ разработан алгоритм расчета (рис. 2.33), позволяющий реализовать предложенную математическую модель расчета основных параметров каскадных ТЭУ для режима максимальной энергетической эффективности и режима минимальной интенсивности отказа. Для определения показателей надежности двухкаскадного ТЭУ необходимо определить следующие исходные данные:

$Q_0$  – требуемая холодопроизводительность, Вт;

$T_0$  – температура теплопоглощающего спая, К;

$T_c$  – температура среды, К.

При определении требований возможны ограничения: по мощности потребления; по массогабаритным характеристикам; по величине интенсивности отказов; по величине рабочего тока и напряжения и т.д.

При выборе температуры на теплоотводящем спаяе ( $T$ ) необходимо учитывать следующие условия теплообмена теплоотводящего радиатора ТЭУ со средой:

- при использовании принудительного воздушного конвективного теплообмена (использование вентилятора)  $T = T_c + (3 \dots 5) \text{ К}$ ;

- при использовании естественной конвекции  $T = T_c + (10 \dots 15) \text{ K}$ ;
- при принудительном жидкостном конвективном теплообмене  $T = T_c + (1 \dots 2) \text{ K}$ .

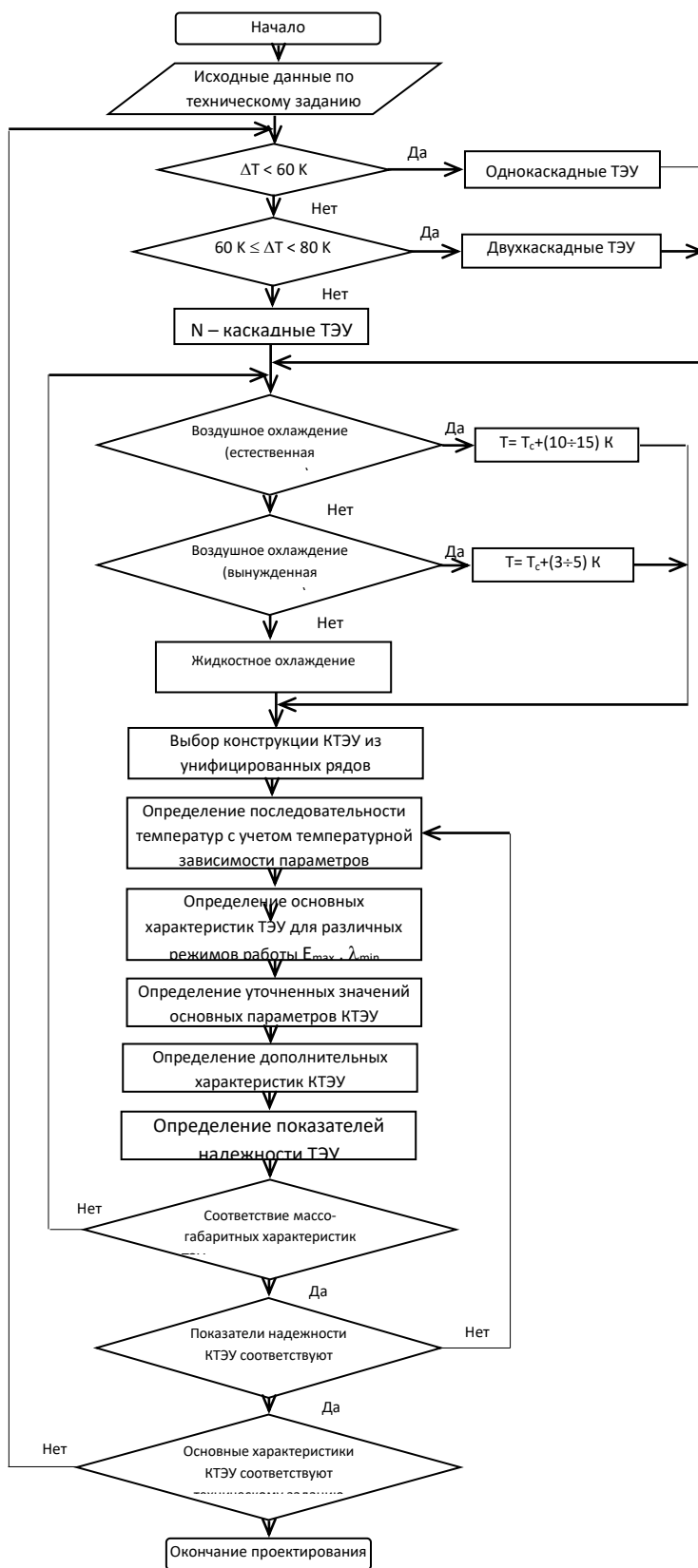


Рис. 2.33. Схема алгоритма расчета основных параметров КТЭУ

Принимая во внимание выбранные исходные данные и условия теплообмена, осуществляем выбор из унифицированных рядов нескольких модулей ТЭУ. При перепаде температуры на ТЭУ  $\Delta T = T - T_0$ , если

$\Delta T < 60 \text{ К}$  – используются однокаскадные ТЭУ;

$60 \text{ К} \leq \Delta T \leq 90 \text{ К}$  – используются двухкаскадные ТЭУ;

$90 \text{ К} < \Delta T < 100 \text{ К}$  – используются трехкаскадные ТЭУ, и т.д.

Максимальные охлаждающие возможности ТЭУ заданной конструкции можно оценить определив  $\Delta T_{\max}$  и  $Q_{0\max}$  для различных отношений

количества термоэлементов в смежных каскадах  $\frac{n_1}{n_2}$  и геометрии ветвей

термоэлементов в каскадах  $\frac{1}{s}$ . При выполнении условий  $\Delta T < \Delta T_{\max}$  и

$Q_0 < Q_{0\max}$ , выбраны несколько унифицированных конструкций ТЭУ.

На следующем этапе расчета оценим последовательность температур в каскадном ТЭУ с учетом температурной зависимости параметров:

$e_i, \sigma_i, R_i, I_{\max_i}, \Delta T_{\max_i}$  в каскадах.  $I_{\max_i} = \frac{e_i T_{i-1}}{R_i}$ ;  $\Delta T_{\max_i} = 0,5 z_i T_{i-1}^2$ ;  $R_i = \frac{1}{\sigma_i s}$ .

Определяем основные характеристики ТЭУ  $V_i$  и  $Q_i$  для различных режимов работы при последовательном электрическом соединении каскадов при заданных значениях  $n_1, n_2, Q_0, \Delta T$ :

– относительных рабочих токов  $V_1$  и  $V_2$ , путем решения полученных

соотношений для каждого режима работы  $V = f\left(\frac{n_1}{n_2}; \Delta T; Q_{0\max}\right)$ ;

– относительных перепадов температур  $\Theta_1$  и  $\Theta_2$  в каскадах.

Используя метод последовательных приближений, уточняем последовательность температур, а, следовательно и  $R_i, I_{\max_i}, \Delta T_{\max_i}$  с учетом



температурной зависимости параметров и величины  $B_1, B_2, \Theta_1, \Theta_2$  для каждого токового режима работы ТЭУ, где  $Q_i = \frac{\Delta T_i}{\Delta T_{\max_i}}$ .

Используя полученные уточненные значения основных параметров  $B_1, B_2, \Theta_1, \Theta_2$  определяем режимы питания ТЭУ для расчета и конструирования блока питания и теплоотводящего радиатора, которые позволяют определить массогабаритные размеры ТЭУ:

– рабочий ток  $I = B_1 I_{\max_1}$ ;

– мощность потребления  $W_1$  и  $W_2$  в каскадах,

$$\text{где } W_i = 2n_i I_{\max_i}^2 l_i B_i \left( B_i + \frac{\Delta T_{\max_i}}{T_c} \Theta_i \right);$$

– суммарную мощность потребления  $W_\Sigma = W_1 + W_2$ ;

– холодильный коэффициент ТЭУ  $E = \frac{Q_0}{W_\Sigma}$ ;

– суммарное падение напряжения ТЭУ  $U_\Sigma = U_1 + U_2$ ;  $U_i = \frac{W_i}{I}$ ;

– количество тепла, которое необходимо отвести радиатором  $Q = Q_0 + W_\Sigma$ .

Определяем показатели надежности ТЭУ – интенсивность отказов  $\lambda$  и вероятность безотказной работы  $P$ .

$$\frac{\lambda_\Sigma}{\lambda_0} = \frac{n_1 B_1^2 K_{T1} \left( \frac{\Delta T_1}{\Delta T_{\max 1}} + C_1 \right) \left( \frac{\Delta T_1}{T_0} + B_1 \right)^2}{\left( 1 + \frac{\Delta T_1}{T_0} \right)^2} + \frac{n_2 B_2^2 K_{T2} \left( \frac{\Delta T_2}{\Delta T_{\max 2}} + C_2 \right) \left( \frac{\Delta T_2}{T_1} + B_2 \right)^2}{\left( 1 + \frac{\Delta T_2}{T_1} \right)^2};$$

$$P = e^{-\lambda_\Sigma t}$$

Производим анализ полученных основных параметров ТЭУ с ограничительными требованиями технического задания на проектирование. В случае не соответствия хотя бы одной из основных характеристик

устройства с ограничениями, указанными в техническом задании следует откорректировать расчет с учетом возможности выполнения всех требований технического задания в их совокупности.

Таким образом, предложенный алгоритм позволяет производить надежно-ориентированное проектирование двухкаскадного ТЭУ, осуществляя выбор различных унифицированных модулей термоэлементов. При выборе конструкции двухкаскадного ТЭУ целесообразно ориентироваться на ту конструкцию, которая бы обеспечивала минимальную интенсивность отказов при заданных перепаде температур и тепловой нагрузке. При этом величина холодильного коэффициента близка к максимальному значению.

В результате выполнения расчетов по предложенному и разработанному алгоритму были получены следующие основные показатели надежности и основные параметры двухкаскадного термоэлектрического устройства заданной конструкции (Таблица 2.1).

Исходные данные для расчета:  $T=300$  К,  $\Delta T = 60$  К,  $\Delta T = 70$  К,  $\Delta T = 80$  К,  $Q_0 = 0,1$  Вт,  $\frac{n_1}{n_2} = 0,5$ ,  $n_1 = 9$ , для режима максимального холодильного коэффициента –  $E_{\max}$  и режима наименьшей интенсивности отказов –  $\lambda_{\min}$ . Для получения сравнительных характеристик показателей надежности приведен в таблице режим  $Q_{0\max}$  [78].

Конструкция двухкаскадного ТЭУ состоит из трех унифицированных модулей "Микрон" М10-9 (один модуль – в "холодном" каскаде, два модуля в "горячем" каскаде –  $\frac{M10-9}{M10-18}$ ).

Возможно использование унифицированного двухкаскадного ТЭУ фирмы "Marlou" M12060 и т.д.

Таблица 2.1

Основные параметры двухкаскадного термоэлектрического устройства в зависимости от различных режимов функционирования и перепадов температур

№ П/ П	Режим работ ы	I, А	B <sub>1</sub> , отн.ед	B <sub>2</sub> , отн.ед	θ <sub>1</sub> , отн.ед	θ <sub>2</sub> , отн.ед	T <sub>1</sub> , К	E <sub>1</sub> , отн.ед	W <sub>Σ</sub> , Вт	U <sub>Σ</sub> , В	λ <sub>Σ</sub> · 10 <sup>8</sup> , 1/час	P
ΔT = 60 К												
1	Q <sub>Omax</sub>	0,6 6	0,63	3,0	0,38	0,44	264, 0	0,016 4	6,1	2,0	11,1	0,9989
	E <sub>max</sub>	0,4 9	0,47	2,3	0,43	0,37	268, 0	0,148	0,6 8	0,3	3,9	0,9996 1
	λ <sub>min</sub>	0,3	0,27	1,4	0,46	0,36	269, 0	0,067 3	1,5	1,1	0,41	0,9999 6
ΔT = 70 К												
2	Q <sub>Omax</sub>	0,6 9	0,61	3,1	0,62	0,43	265, 0	0,016 1	6,2	2,0	12,3	0,9988
	E <sub>max</sub>	0,5 4	0,52	2,5	0,58	0,44	263, 0	0,075	1,3	0,5	6,4	0,9993 5
	λ <sub>min</sub>	0,4 1	0,38	1,9	0,59	0,43	264, 0	0,038	2,6	1,3 7	1,7	0,9998 3
ΔT = 80 К												
3	Q <sub>Omax</sub>	0,7	0,61	3,0	0,84	0,42	264, 0	0,016	6,2 5	2,1	14,6	0,9985
	E <sub>max</sub>	0,6 2	0,58	2,8	0,76	0,52	259, 0	0,025	4,0	1,4	12,8	0,9987 2
	λ <sub>min</sub>	0,6	0,6	2,7	0,81	0,47	262,	0,018	5,5	2,0	12,5	0,9987

		5					0					5
--	--	---	--	--	--	--	---	--	--	--	--	---

Разработанные режимы наибольшего холодильного коэффициента  $E_{\max}$  и наименьшей величины отказов  $\lambda_{\min}$  для двухкаскадного ТЭУ заданной конструкции  $\frac{n_1}{n_2} = \text{const}$  по сравнению с режимом  $Q_{O\max}$  при прочих равных условиях позволяет в зависимости от перепада температур уменьшить: величину рабочего тока  $I$ , интенсивность отказов  $\lambda_{\Sigma}$ , а, следовательно, увеличивает вероятность безотказной работы  $P$ .

Интенсивность отказов увеличивается для всех режимов и при  $\Delta T \rightarrow \Delta T_{\max}$  и достигает максимальных значений.

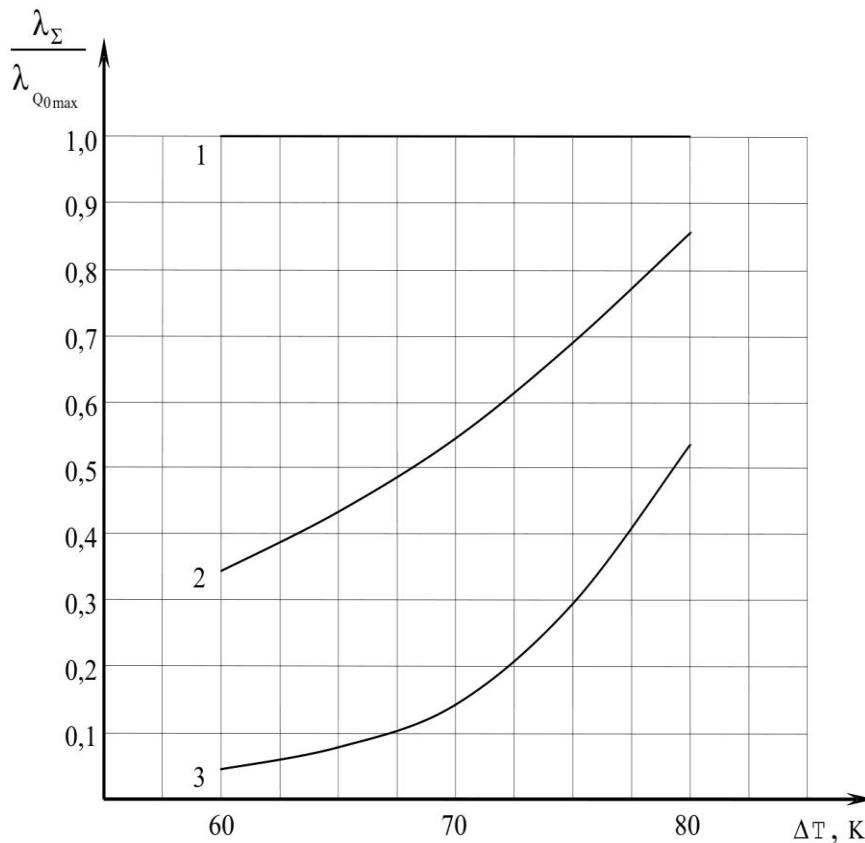


Рис. 2.34. Зависимости относительной величины  $\frac{\lambda}{\lambda_{Q_{0\max}}}$  от перепада температур  $\Delta T$  двухкаскадного ТЭУ для различных режимов работы  $\lambda_{\min}$ ,  $E_{\max}$ ,  $Q_{0\max}$  для  $T=300$  К при  $Q_0 = 0,1$  Вт,  $\frac{n_1}{n_2} = 0,5$ ,  $n_1 = 9$

1 – режим  $Q_{0\max}$  ;

2 – режим  $E_{\max}$  ;

3 – режим  $\lambda_{\min}$  .

Таким образом, сравнительный анализ расчетных данных основных параметров для двухкаскадного ТЭУ заданной конструкции показывает возможность выбора токовых режимов работы ( $E_{\max}$ ,  $\lambda_{\min}$ ), позволяющих значительно улучшить показатели надежности по сравнению с режимом  $Q_{0\max}$ . Так, при  $\Delta T = 70$  К;  $T = 300$  К,  $Q_0 = 0,1$  Вт,  $\frac{n_1}{n_2} = 0,5$  в режиме  $E_{\max}$  по сравнению с режимом  $Q_{0\max}$  интенсивность отказов можно уменьшить в 2 раза, а в режиме  $\lambda_{\min}$  в семь раз.

## 2.6. Краткие выводы

1. Разработана модель наибольшей энергетической эффективности каскадного термоэлектрического охладителя. Показано, что существует оптимальная тепловая нагрузка, соответствующая максимальному холодильному коэффициенту и что величина интенсивности отказов увеличивается с ростом тепловой нагрузки и перепада температуры. Это позволяет прогнозировать показатели надежности двухкаскадных ТЭУ и вести рациональное проектирование теплонагруженных систем с использованием КТЭУ [80, 81].

2. Разработана параметрическая модель и исследована зависимость относительной величины интенсивности отказов от соотношения распределения количества термоэлементов в каскадах двухкаскадного ТЭУ.

Исследованы зависимости относительных рабочих токов в каскадах, выявлена характерная зависимость относительной величины интенсивности отказов от этого соотношения, что позволяет выбирать конструкцию, обеспечивающую минимум отказов [82].

3. Исследована зависимость относительной величины интенсивности отказов от соотношения количества термоэлементов в каскадах двухкаскадного ТЭУ для различных значений температурного перепада. Показано, что экстремумы зависимости относительной величины интенсивности отказов от соотношения количества термоэлементов в каскадах двухкаскадного ТЭУ для различных значений температурного перепада описываются аналитической зависимостью, которая позволяет проектировать двухкаскадные ТЭУ устройства по условию минимума интенсивности отказов [83].

4. Предложена и проанализирована модель взаимосвязи показателей надежности двухкаскадных ТЭУ различных конструкций с величиной тепловой нагрузки. Зависимости позволяют оценить влияние тепловой нагрузки на показатели надежности. Полученные данные указывают на возможность прогнозирования показателей надежности двухкаскадных ТЭУ различных конструкций в зависимости от величины тепловой [84, 85].

### **Види кадастрів**

На сьогоднішній день існують такі види кадастрів, які формуються в залежності від об'єкта обліку - природного ресурсу [1 – 3]:

1) земельний кадастр - це систематизований звід одержуваних в результаті проведення державного кадастрового обліку земельних ділянок документованих відомостей про місцезнаходження, цільове призначення та правовий стан земель РФ і відомостей про територіальні зони і наявності розташованих на земельних ділянках і міцно пов'язаних з ними об'єктах

2) лісовий кадастр - зведення відомостей про правовий режим лісового фонду, кількісному та якісному стані лісів, в тому числі про склад деревних порід, віковому складі лісу, груп і категорій захисту, економічну оцінку та ін;

3) кадастр тваринного світу - систематизовані відомості про географічне поширення, чисельність, склад, господарському використанні, заходи охорони, про середовище проживання об'єктів тваринного світу ;

4) водний кадастр - це систематизований звід даних про водні об'єкти та їх водних ресурсах, їх використанні, категоріях користувачів;

5) кадастр родовищ і проявів корисних копалин включає систематизовані відомості по кожному родовищу про кількість і якість основних і спільно залягаючих копалин, умови їх розробки, гео економічної оцінки;

6) кадастр особливо охоронюваних природних територій - звід даних про статус, географічному положенні і межах, режимі особливої охорони, природокористувачів, наукову, екологічну та іншу цінність цих територій;

7) кадастр відходів включає відомості про відходи з урахуванням їх небезпеки, джерелах утворення, заходи щодо використання, місцях розміщення і т. п.;

8) територіальні кадастри природних ресурсів та об'єкта містять дані про місце розташування, кількості і якості природних ресурсів, їх соціально-економічну та екологічну оцінку. Вони носять комплексний характер, тому що відображають відомості про всіх природних ресурсах на території суб'єкта;

9) кадастр природних лікувальних ресурсів є системою відомостей про кількість, якість та інші важливі характеристики всіх природних лікувальних ресурсів, що виявлені та підраховані на території України, а також про можливі обсяги, способи і режими їх використання.

Розглянемо деякі з них [4 – 6].

*Земельний кадастр.* Закон України від 7 липня 2011 р. № 3613-VI «Про Державний земельний кадастр» визначив Державний земельний кадастр, як

єдину державну геоінформаційну систему відомостей про землі, які розташовані в межах державного кордону України, їхнє цільове призначення, обмеження в їхньому використанні, а також дані про кількісну і якісну характеристику земель, їхній оцінці, про розподіл земель між власниками й користувачами. Зазначений закон набув чинності тільки в 2013 р. У зв'язку із численними змінами в земельному законодавстві, і, як наслідок, незадовільним станом земельних правовідносин, поки цей кадастр містить багато помилок, які вимагають усунення. Вважається, що важливим аспектом ведення цього кадастру є проблема відкритості й доступності його даних. З одного боку, функціонує публічна кадастрова карта, яку можна переглянути в режимі реального часу й безкоштовно. З іншого боку, більша частина інформації перебуває в закритому й платному режимі, що доступний для обмеженого кола суб'єктів.

*Державний водний кадастр.* Ведення Державного водного кадастру регулюється Водним кодексом України від 06 червня 1995 р. № 213/95-ВР, Постановою Кабінету Міністрів України від 8 квітня 1996 р. № 413 «Про затвердження порядку ведення державного водного кадастру». Відповідно до водного кодексу України державний водний кадастр складається з метою систематизації даних державного обліку вод і визначення наявних для використання водних ресурсів. Державний облік вод складається з державного обліку водокористування, державного обліку поверхневих вод і державного обліку підземних вод.

Предметом нашого дослідження є Державний кадастр лікувальних ресурсів. Ведення кадастру здійснюється відповідно до Закону України від 5 жовтня 2000р. № 2026-III «Про курорти», Постанови Кабінету Міністрів України від 26 липня 2001р. N 872 «Про затвердження Порядку створення й ведення Державного кадастру природних лікувальних ресурсів», наказу Міністерства охорони здоров'я України від 23 вересня 2009 р. N 687 «Про затвердження Інструкції зі створення й ведення Державного кадастру природних лікувальних ресурсів».



Відповідно до згаданої Постанови Кабінету Міністрів України № 872 від 27.06.2001 р., кадастр передбачає здійснення ефективного потокового й перспективного використання природних лікувальних ресурсів у санаторно-курортному лікуванні, забезпечення раціонального видобутку, використання та охорони природних лікувальних ресурсів, створення сприятливих умов для лікування, профілактики захворювань та відпочинку людей; удосконалення системи проведення природоохоронних заходів, створення округів і зон санітарної (гірничо-санітарної) охорони курортів та інших питань, пов'язаних з використанням природних лікувальних ресурсів. В Кадастр включаються відомості у формі текстових, цифрових і графічних матеріалів. Об'єктами Кадастру є: мінеральні й термальні води, лікувальні грязі й озокерит, ропа лиманів й озер, морська вода, природні об'єкти й комплекси зі сприятливими для лікування, медичної реабілітації й профілактики захворювань кліматичними умовами. Ведення кадастру покладається на Міністерство охорони здоров'я. Фактично його здійснює вхідний у структуру науково-дослідний інститут медичної реабілітації й курортології, створений відповідно до наказу Міністерства охорони здоров'я України від 02 листопада 2007 р. № 685.

З метою ведення кадастру природних лікувальних ресурсів вирішуються такі завдання:

- ✓ заходи по впровадженню державної політики щодо раціонального використання природних ресурсів України, що впливають з його компетенції та направлені на виконання законів та постанов Верховної Заради України, указів, розпоряджень та доручень Президента України, постанов, розпоряджень та доручень Кабінету Міністрів України, наказів та розпоряджень МОЗ України;
- ✓ розробка проектів законодавчих актів, розробка та впровадження нормативної та технічної документації що регламентують використання природних лікувальних ресурсів, створення та функціонування Кадастру, а також автоматизовану систему ведення Кадастру;

- ✓ удосконалення переліку та форм подання відомостей, що включаються до Державного кадастру природних лікувальних ресурсів;
- ✓ проведення спеціальних натурних спостережень, аналітичних робіт тощо з метою отримання, обробки та надання інформації щодо природних лікувальних ресурсів України;
- ✓ виконання окремих науково-дослідних, дослідно-конструкторських, дослідно-технологічних і спеціальних робіт щодо природних лікувальних ресурсів, геоінформаційних систем та технологій;
- ✓ організація укладення договорів (контрактів) з підприємствами, установами й організаціями незалежно від їх організаційно-правових форм на виконання науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт з питань вивчення та використання природних лікувальних ресурсів;
- ✓ створення, запровадження та експлуатація програмно-інформаційних комплексів забезпечення автоматизованої системи ведення Державного кадастру природних лікувальних ресурсів.

### **Актуальність завдання**

При всій важливості перерахованих завдань у цей момент не вирішена задача створення, запровадження та експлуатації програмно-інформаційних комплексів забезпечення автоматизованої системи ведення Державного кадастру природних лікувальних ресурсів.

Проведений аналіз показав, що це завдання не вирішене тому що всі дані кадастру існують у паперовому варіанті у вигляді бібліотечного каталогу або в електронному виді, у вигляді документів MSWord, що не істотно відрізняється від паперового аналога.

Даний варіант рішення завдання має багато недоліків:

- ✓ дуже важко здійснювати пошук даних;
- ✓ важко робити аналіз даних;
- ✓ неактуальність інформації;

- ✓ неоднозначність інформації;
- ✓ багато часу займає створення й заповнення нових даних;
- ✓ немає швидкого й відкритого доступу;
- ✓ велика вірогідність допущення помилок;

Існуючі електронні кадастри будуються по двох основних принципах: створення великих інформаційних систем кадастрів (наприклад, земельних), для яких характерні значні програмні й апаратні ресурси для їхньої реалізації й, відповідно, дуже висока вартість. Другим підходом є створення локальної інформаційної системи, розташованої на одному комп'ютері (наприклад, демоверсія Інституту курортології), що ніяк не погоджує дані, отримані від різних джерел, отже, практично повторює паперовий варіант сховища даних, хоча поширення й сприйняття даних природних лікувальних ресурсів істотно поліпшується.

**Об'єктом дослідження** є інформаційні системи, які використовуються, як кадастр природних лікувальних ресурсів.

**Предметом дослідження** – реляційні бази даних для розподілених джерел одержання, обробки й відображення даних про природні лікувальні ресурси.

**Метою дослідження** є створення інформаційної системи ведення кадастру природно-лікувальних ресурсів, яка мінімізує неоднозначність сховища даних для розподілених джерел і споживачів даних, а також дає можливість проводити аналіз та обробку даних Кадастру.

Передумовою досягнення цієї мети є те, що при використанні не локальної бази даних, а розташовуваної на сервері, а для обробки й відображення використовується web-сайт, причому при відсутності доступу до мережних ресурсів, абоненти можуть накопичувати необхідні ресурси й функціонувати, як локальні.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. збір й аналіз даних для створення й наповнення бази даних;
2. розробка автоматизованої web-системи обробки, зберігання та відображення даних кадастру;
3. розробка підсистеми аналізу даних кадастру;
4. розробка локальної системи збору даних.

### **Основний зміст роботи**

Для вирішення першого завдання необхідно:

- 1) розробити вимоги до створення бази даних;
- 2) провести аналіз й обґрунтування вибору типу бази даних;
- 3) провести збір необхідних даних для наповнення бази даних;
- 4) провести обробку зібраних даних і наповнити базу даних;
- 5) вирішення проблеми паралельного доступу й модифікації одних і тих же даних.

З огляду на табличний характер інформації доцільно використати реляційну базу даних MySQL, розробку й підтримку якої здійснюється корпорація Oracle. Зазвичай MySQL використовується як сервер, до якого звертаються локальні або віддалені клієнти, проте в дистрибутив входить бібліотека внутрішнього сервера, що дозволяє включати MySQL в автономні програми.

MySQL – вільна реляційна система управління базами даних. Продукт поширюється як під GNU General Public License, так і під власною комерційною ліцензією. Крім цього, розробники створюють функціональність за замовленням ліцензійних користувачів, саме завдяки такому замовленню майже в найперших версіях з'явився механізм реплікації.

MySQL є рішенням для малих і середніх додатків. Входить до складу серверів WAMP, AppServ, LAMP і в портативні збірки серверів Денвер, ХАМРР.

Гнучкість СУБД MySQL забезпечується підтримкою великої кількості типів таблиць: користувачі можуть вибрати як таблиці типу MyISAM, що підтримують повнотекстовий пошук, так і таблиці InnoDB, що підтримують транзакції на рівні окремих записів. Більше того, СУБД MySQL поставляється із спеціальним типом таблиць EXAMPLE, що демонструє принципи створення нових типів таблиць. Завдяки відкритій архітектурі і GPL - ліцензуванню, в СУБД MySQL постійно з'являються нові типи таблиць.

Спільнотою розробників MySQL створені різні відгалуження коду, такі як Drizzle (англ.), OurDelta, Percona Server, і MariaDB. Всі ці відгалуження вже існували на момент поглинання компанії Sun корпорацією Oracle.

MySQL портована на велику кількість платформ: AIX, BSDi, FreeBSD, HP-UX, Linux, Mac OS X, NetBSD, OpenBSD, OS / 2 Warp, SGI IRIX, Solaris, SunOS, SCO OpenServer, UnixWare, Tru64, Windows 95, Windows 98, Windows NT, Windows 2000, Windows XP, Windows Server 2003, WinCE, Windows Vista і Windows 7. Існує також порт MySQL до OpenVMS. Важливо відзначити, що на офіційному сайті СУБД для вільного завантаження надаються не тільки вихідні коди, а й відкомпільовані і оптимізовані під конкретні операційні системи готові виконувати модулі СУБД MySQL.

Максимальний розмір таблиць в MySQL 3.22 до 4 ГБ, в наступних версіях максимальний розмір до 8 млн ТБ (263 байт).

Розмір таблиці обмежений її типом. У загальному випадку тип MyISAM обмежений граничним розміром файлу у файловій системі операційної системи. Наприклад в NTFS цей розмір теоретично може бути до 32 ексабайт. У разі InnoDB одна таблиця може зберігатися в декількох файлах, які мають єдине табличний простір. Розмір останнього може досягати 64 терабайт.

На відміну від MyISAM в InnoDB є значне обмеження на кількість стовпців, яке можна додати в одну таблицю. Розмір сторінки пам'яті за замовчуванням становить 16 кілобайт, з яких під дані відведено 8123 байта.

Розмір вказівника на динамічні поля складає 20 байт. Таким чином, у разі використання динамічного формату рядка ( `ROW_FORMAT = DYNAMIC` ), одна таблиця може вмістити максимум 409 стовпців типу `blob` або `text`.

Переваги MySQL:

- 1) кеш запити;
- 2) хороша технічна підтримка;
- 3) браузерна робота;
- 4) MySQL оснащений великою кількістю API для інших мов і підтримується великою кількістю існуючих програм;
- 5) існує можливість реплікації даних;
- 6) є можливість роботи з декількома базами через одне з'єднання;
- 7) всі типи таблиць в MySQL (крім InnoDB ) реалізовані у вигляді файлів (по одній таблиці у файлі ), що значно полегшує створення резервних копій, перенесення, видалення і створення символічних посилань між базами даних і таблицями, навіть якщо сервер знаходиться в неробочому стані;
- 8) використовується протокол зв'язку між клієнтом і сервером із стисненням даних, що збільшує продуктивність системи в умовах низькошвидкісних каналів зв'язку.

Структура бази даних Кадастру формувалася у вигляді взаємозв'язаних таблиць [7-9]. Принциповим для структури бази даних Кадастру є визначення абстрактного первинного елемента – об'єкту природних лікувальних ресурсів, який визначається унікальними географічними координатами. До об'єкту природних лікувальних ресурсів залучається загальна інформація відповідно типу природних лікувальних ресурсів, дані щодо кондицій, запасів, ліцензії на використання, адміністративне розташування, розташування за природними територіями курортів, земельними ділянками, дані щодо користувачів природних лікувальних ресурсів.

Якщо користувач працює не з самою БД, а в локальному режимі, то немає необхідності відразу відправляти зміни в БД. Користувач на своєму

комп'ютері робить всі необхідні виправлення, додає потрібні йому об'єкти й ці дані накопичуються. Після цього, якщо він вирішує що з'явилася необхідність завантажити ці дані в БД, він натискає на кнопку "Завантажити на сервер". У результаті цього виконується ініціалізація з'єднання з БД, проводиться авторизація та передані дані проходять перевірку на коректність. Якщо авторизація та перевірка на коректність завершуються успішно, те дані записуються в БД.

Багато щоб всі дані, які користувач редагує, створює, завантажувалися на сервер хоча б раз на день. Це можна робити вручну або поставити автоматичне відправлення.

Якщо немає підключення до інтернету, то можна заздалегідь за допомогою даної програми скачати необхідну ділянку території й переглядати потім цю карту в локальному режимі.

### **Вирішення проблеми паралельного доступу до бази**

У випадку, коли користувачі одночасно вирішують внести зміни до бази даних відбувається спочатку відкриття необхідної таблиці на зміну. Надсилається запит в БД, після обробки запиту на отримання таблиці, сервер відправляє таблицю користувачеві (тобто завантажується з бази даних у кеш браузера), і розриває з'єднання. Тобто всі з'єднання виконуються тільки за такою схемою: відкриття з'єднання => відправлення запиту на сервер => обробка запиту => відправка відповіді користувачеві => закриття з'єднання. Після того як користувач відредагував таблицю, то відправка цієї таблиці виконується за аналогічною схемою. І якщо декілька користувачів одночасно вирішують відправити на сервер відредаговані таблиці, то по-замовчанню в БД залишиться тільки та таблиця яку внесли пізніше за всіх. Але той користувач, який перший відкрив таблицю на редагування може поставити тимчасову заборону на редагування цієї таблиці іншим користувачам, і після остаточного редагування ця заборона знімається.

Структура бази даних Кадастру формувалася у вигляді взаємозв'язаних таблиць. Принциповим для структури бази даних Кадастру є визначення абстрактного первинного елементу – об'єкту природних лікувальних ресурсів, який визначається унікальними географічними координатами. До об'єкту природних лікувальних ресурсів залучається загальна інформація відповідно типу природних лікувальних ресурсів, дані щодо кондицій, запасів, ліцензії на використання, адміністративне розташування, розташування за природними територіями курортів, земельними ділянками, дані щодо користувачів природних лікувальних ресурсів.

### **Структура бази даних**

База даних складається з семи таблиць:

1. Джерела
2. Групи джерел
3. Підгрупа групи джерел
4. Колекція вимірювання
5. Ресурси
6. Картка ресурсів
7. Характеристики

#### 1. Джерела

Містить види, на які поділяються природні ресурси:

- ✓ Мінеральні води;
- ✓ Лікувальні грязі (пелоїди);
- ✓ Бішофіт;
- ✓ Озокерит;
- ✓ Морська вода (морське узбережжя).

#### 2. Групи джерел

Містить види, на які поділяються джерела

- ✓ Підземні мінеральні води;



- ✓ Поверхневі мінеральні води (ропа водойм з лікувальними властивостями);
- ✓ Якість мінеральних вод;
- ✓ Родовища лікувальних грязей (пелоїдів);
- ✓ Якість лікувальних грязей (пелоїдів);
- ✓ Родовища бішофіту;
- ✓ Результати хімічних досліджень розчину бішофіту;
- ✓ Родовище озокериту;
- ✓ Дослідження якості озокериту;
- ✓ Опис ділянки морського узбережжя;
- ✓ Гідротехнічне та бальнеологічне обладнання морського узбережжя;
- ✓ Якість морської води.

### 3. Підгрупа групи джерел

Містить види, на які поділяються групи джерел

- ✓ Родовища та ділянки мінеральних вод
- ✓ Водопункти родовища мінеральних вод
- ✓ Результати хімічних досліджень мінеральних вод
- ✓ Граничнодопустимі концентрації хімічних речовин та сполук у мінеральних водах
- ✓ Результати досліджень мікробного ценозу мінеральних вод
- ✓ Дослідження фізико-хімічного складу лікувальних грязей (пелоїдів)
- ✓ Результати досліджень мікробного ценозу лікувальних грязей (пелоїдів)
- ✓ Результати досліджень хімічного складу морської води
- ✓ Результати досліджень мікробного ценозу морської води

### 4. Колекція вимірювань

Містить всі назви показників та одиниці вимірювання, які заносяться до основної таблиці - Характеристики

- ✓ Тип родовища

- ✓ Тип мінеральної води
- ✓ Кондиційні показники

## 5. Ресурси

Містить назви ресурсів

- ✓ Родовище мінеральних вод Маринівське «Аква Віта»
- ✓ Родовище мінеральних вод с. Верхівка
- ✓ Родовище мінеральних вод Новохмільникське та Хмільникське
- ✓ Родовище мінеральних вод смт Хмільник
- ✓ Родовище мінеральних вод Вугринівська

## 6. Картка ресурсів

Містить всі об'єкти, які є в ресурсі. А також їхні координати.

- ✓ Маринівське «Аква Віта», сврд. №4749 та №4870.
- ✓ с. Верхівка, сврд. №1/157.
- ✓ Хмільницьке, сврд. №5-РК.
- ✓ Хмільницьке, сврд. №6-РК.

## 7. Характеристики

Основна, результуюча таблиця. До неї вибираються дані з усіх попередніх таблиць, а також фактичні характеристики (дані).

Шифр	Назва показника	Дані
1	Родовище мінеральних вод	Маринівське «Аква Віта»
2	Ділянка родовища мінеральних вод	«Аква Віта» свр. № 4749 та № 4870
3	Курортна територія	
4	Розташування за адміністративним підпорядкуванням	
4.1	назва населеного пункту	с. Маринівка
4.2	назва адміністративного району	Біляївський
4.3	назва області	Одеська
5	Геологічний індекс водоносного горизонту	N1S
6	Тип родовища	
7	Тип мінеральної води	хлоридна натрієва
8	Кондиційні показники	
8.1	мінералізація	
8.1.1	мінералізація (найменше значення) г/куб.дм	
8.1.2	мінералізація (найбільше значення) г/куб.дм	
8.2	основні іони	
8.2.1	гідрокарбонати	
8.2.1.1	гідрокарбонати (найменше значення) екв. %	

Рисунок 1 – Таблиця «Характеристики»

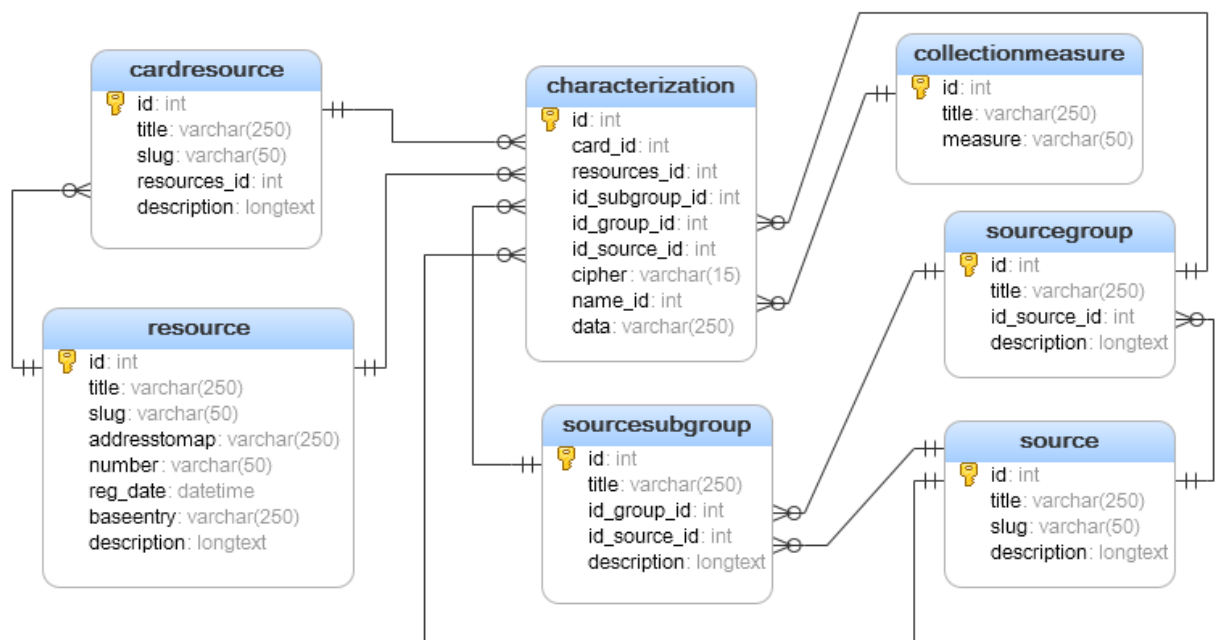


Рисунок 2 – Схема бази даних

Для вирішення другого завдання необхідно:

- 1) розробити автоматизовану web-систему обробки, зберігання та відображення даних кадастру;

2) реалізувати виведення в електронному та паперовому вигляді результатів аналізу й стандартних звітів.

Для рішення цих завдань необхідно враховувати, що дана web-система має властивість згодом розширюватися й змінюватися і для уніфікації розробки доцільно буде використати систему керування вмістом Drupal. Також для відображення об'єктів кадастру буде використатися картографічний сервіс GoogleMaps.

Drupal – це система керування сайтом (CMS), а також середовище для створення веб-додатків (CMF).

Якщо сайт часто оновлюється і доводиться міняти його структуру або якщо він є чимось більшим, ніж просто онлайнове сховище файлів - не обійтися без використання скриптів. З деякого моменту розвитку сайту витрати на підтримку десятків різноманітних скриптів, написаних різними авторами з використанням різних програмних технологій зростають настільки, що зручність їх використання стає сумнівною. CMS (Content Management System) - набір програмних засобів, що надає комплексний підхід до створення сайту.

#### Концепції Drupal

Механізми рубрикації. Кожен документ сайту може входити в одну або кілька рубрик. Самі ж рубрики можуть складати списки або складні ієрархічні структури довільної вкладеності (з множинними предками і перехресними посиланнями елементів).

Інтеграція всіх компонентів. Можлива наскрізна рубрикація по всіх типах документів сайту. Форум з висновком цікавих новин на головну сторінку або сайт новин сайт з блогами і відеопрезентаціями - все це можна укласти в єдиний рубрикатор (або декілька рубрикаторів) і це буде виглядати частинами єдиного сайту, а не розрізненими сторінками об'єднаними лише загальним дизайном.

Готові рішення типових завдань. Новинний сайт, сайт-візитка компанії, блог або форум - такі сайти можна побудувати користуючись тільки модулями движка йдуть в постачанні, вам потрібно тільки включити відповідні модулі, налаштувати їх по своєму смаку і перенести сайт на хостинг.

Навігація і пошук. Для зручності доступу до архівних матеріалів служать рубрикація контенту і пошук з урахуванням видів контенту, рубрик і вмісту. Документи зберігають незмінні посилання весь час свого життя. Також за допомогою коротких посилань і псевдонімів сайт набуває імена розділів і окремих сторінок, які запам'ятовуються. Вони не використовують спеціальних символів і тому добре індексовані пошуковими системами. На сайті Drupal ви не побачите довгих нелегкотравних посилань типу `modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=166&mode=&order=0&thold=0` (приклад з реального сайту), якими по цю пору страждає чимало CMS.

### **Детальніше про функціонал**

Таксономія (taxonomy) - оригінальна методика притаманна Drupal для завдання структури сайту, спосіб відокремити структуру від уявлення. За допомогою таксономії можна визначити довільне число рубрик, в яких будуть надалі поміщатися матеріали сайту. Ці рубрики можуть бути представлені як плоскі списки або ієрархічні структури довільної вкладеності (як деревовидні, коли елемент має тільки одного батька в ієрархії, так і довільні, коли елемент може мати відразу декількох батьків). В результаті отримуємо таку схему: документи (nodes) різних типів (node types) асоціюються з рубриками (terms), рубрики у свою чергу розбиваються на приналежність до словників (vocabularies). Така схема дозволяє вибудовувати на сайті декілька незалежних структур, асоціюючи одні й ті ж документи (як листя на структурному "дереві" сайту) з різними структурами.

Приклад: словник "Форуми" задає дерево форумів / підфорумів довільної вкладеності і застосовується тільки до документів типу "форумний топик", словник "Новини" - плоский список рубрик для новинних публікацій (документи типу "стаття"), а словник "Ключові слова" асоціюється з обома типами і по вибраному ключовому слову можна знайти як форумні топіки так і новини. І т.д.

Теми оформлення - вміст сайту в Drupal відокремлено від дизайну, зараз це вже традиційно для будь порядної CMS. За допомогою змінних тем можна дуже значно змінювати дизайн не чіпаючи при цьому вміст і структуру сайту. Drupal не прив'язаний до якогось одного "єдино вірного" механізму реалізації тем, розробник сайту може вибирати найбільш зручні йому способи формування дизайну сайту. Але Drupal пропонує ряд готових рішень у вигляді движків тем (theme engines), таких як наприклад xtemplate (теми з шаблонами в XML) або phptemplate (теми з шаблонами на PHP). Однак значних змін дизайну можна деколи добитися маніпуляцією стилями.

Коментарі - будь-який документ сайту відвідувачі можуть коментувати. Звичайно, якщо в налаштуваннях їм дозволена ця можливість - можна обмежувати можливість коментарів для окремих документів або цілком для типів документів, а також налаштовувати їх подання. Для анонімних відвідувачів передбачені поля для їх ідентифікації (ім'я, email, адреса сайту), але цю можливість також можна вимкнути.

Підбірка сайту (collaborative book) - ідея в чомусь схожа на Wiki, коли кожен користувач може вносити свої доповнення та виправлення в текст. У реалізації Drupal документи можуть проходити через чергу модерації. Більшість документів сайту можуть бути включені як сторінки книги. Це можна використовувати наприклад для архівації обговорень форумів, коли з найбільш цікавих обговорень можна скласти книгу-архів. При цьому включені в книгу матеріали по колишньому залишаються доступними у своїх розділах (тобто форумні обговорення буде видно на форумі, але також буде сторінкою книги сайту).

Форум - є вбудований движок форуму, вдало вписується в структуру всього сайту. Оскільки структура форумів будується на таксономії, можливе створення категорій і форумів довільної вкладеності. Включені основні форумні функції, однак відсутні засоби масової модерації.

Новини в оффлайн (content syndication) - Drupal експортує більшість матеріалів у форматі RDF / RSS, Atom і деяких інших, зручних для перегляду в оффлайн за допомогою зовнішніх програм, або для автоматизованої публікації на інших сайтах.

Збір новин - новини надаються в RDF / RSS з інших сайтів можуть збиратися Drupal і відображатися на сайті.

Розмежування прав доступу - засновано на присвоєння одній або декількох ролей користувачам, безпосередньо права доступу до різних функцій сайту закріплюються за ролями. Плагіни самі визначають до яких зі своїх функцій дати доступ певним ролям. Зрозуміла й логічна схема, що входить в стандартну поставку Drupal, достатня для більшості завдань. Для випадків, коли подібної схеми недостатньо, Drupal надає більш потужний механізм, заснований на присвоєння прав (на перегляд, створення, зміна та видалення) кожним окремим документом. Але інтерфейс для управління цим механізмом в поточній версії CMS відсутній, для його використання пропонуються додаткові модулі.

Вбудовувані скрипти - в Drupal можливе включення PHP-скриптів в будь-яких документах сайту (зрозуміло це обмежено в цілях безпеки і доступно не всім користувачам). У скриптах можна звертатися до функцій API Drupal - це дозволяє оперативно створювати динамічні сторінки з функціональністю не передбаченої движком, не вдаючись до написання окремих модулів.

Інтернаціоналізація - Drupal надає різні механізми для інтернаціоналізації та локалізації інтерфейсу сайту. У тому числі можливість редагування перекладів "на льоту" через вебінтерфейс (для перекладів, які зберігаються в БД). Також вдалою особливістю архітектури Drupal є

повсюдне використання в ньому Unicode - всі тексти зберігаються в UTF-8, в цій же кодуванні віддаються новини і поштові повідомлення. Така уніфікація дозволяє публікувати на сайті матеріали на різних мовах не вимагаючи перемикання кодувань в браузері - на одній сторінці мирно уживуться тексти російською, німецькою та китайською. Слід зазначити, що для отримання повної багатомовності (синхронне ведення вмісту сайту, а не тільки інтерфейсних написів на багатьох мовах) вбудованого рішення немає (але пропонується доп. Модуль i18n, або для сайтів не вимагають синхронізації різномовного вмісту можна використовувати можливості мультисайтінга Drupal).

## **Ергономіка**

Персоналізація - Drupal дозволяє користувачам налаштовувати уявлення сайту за власним смаком. Це включає вибір тем і набір інформаційних блоків, які користувач бажає бачити на сайті.

Перманентні посилання (permalinks) - кожен документ (node) створений на сайті, отримує на весь час свого існування унікальний ID, посилання на сторінку для перегляду цього документа завжди буде залишатися незмінною, до якої-б категорії або типу цей документ не ставився. Наприклад переміщення обговорення з одного форуму в інший не призведе до зміни посилання на це обговорення.

Короткі URL (friendly URL's) - Drupal використовує механізм mod\_rewrite сервера Apache для отримання естетично виглядаючих іменувань сторінок сайту, дозволяючи уникнути використання параметрів у рядку URL. Це також значно покращує ставлення багатьох пошукових систем до сайту, оскільки не всі пошукові люблять возитися зі сторінками містять '?', '&' та інші спецсимволи в рядку URL.



Псевдоніми (URL aliasing) - можна присвоювати альтернативні імена сторінкам, наприклад щоб дати їм більше запам'ятовуються назви: `www.example.com/node/view/31 => www.example.com / about`.

Управління версіями (revisions) - при зміні будь-якого документа сайту можна створити нову версію документа, при цьому зберігається історія версій і при необхідності можна відкотитися до старих правкам документа.

Громадська модерація - може бути зручна для деяких типів сайтів, наприклад для сайтів різних спільнот, де в наповненні сайту матеріалами бере участь велика кількість користувачів. Така модерація являє собою механізм схвалення матеріалів сайту самими його відвідувачами (або окремими їх групами). Кожен матеріал має свій рейтинг і користувачі можуть підвищувати його або знижувати - в результаті популярні і корисні документи можуть бути опубліковані, переміщені на головну сторінку сайту, що викликають невдоволення користувачів - вилучені зі списку опублікованих. Цей механізм можна налаштовувати для різних ролей користувачів.

Відстеження оновлень (tracker) - всі оновлені документи сайту або матеріали до яких з'явилися нові коментарі групуються на загальній сторінці, посилання на якій присутній в меню користувача. Особливо корисно для сайтів мають складну структуру і велику кількість розділів.

## **Підтримка**

Вільне п/з (open source) - Drupal є вільним програмним забезпеченням, поширюваним під ліцензією GNU GPL. Це означає, що використовуючи Drupal ви отримуєте повні вихідні тексти на яких він побудований і можете вносити в них власні зміни. Ви можете безперешкодно використовувати Drupal в комерційних проектах, дотримуючись умов ліцензії GNU GPL, якої захищені вихідні тексти Drupal.

Документація - документація поставляється разом з Drupal і набагато більше на сайті drupal.org (також drupal.ru), немає будь-яких аспектів реалізації закритих від користувачів, оскільки Drupal є вільним п / з.

Підтримка спільноти - сильна сторона вільного п / з, оскільки користувачі і розробники, для яких проект є в першу чергу захоплюючим хобі, охочіше надають допомогу, ніж у комерційних проектах, де ви зазвичай обмежені спілкуванням з службою підтримки.

Сторонні фірми і розробники - простіше знайти фахівців для роботи з opensource системою (адже API і вихідні коди повністю офіційно доступні і програмісту не складе труднощів розібратися в архітектурі), ніж для робіт з пропрієтарними системами.

## **Масштабованість**

Модульність - до невеликого ядра Drupal можна додавати нові можливості за допомогою модулів. Існує велика кількість готових модулів для різних застосувань - від фільтрів для імпорту даних і галерей зображень, до систем ведення проектів та електронної комерції.

Декілька прикладів додаткових модулів до Drupal:

- ✓ mailhandler - інтеграція сайту з електронною поштою (публікація матеріалів за допомогою email);
- ✓ ad - система для управління показом рекламних банерів;
- ✓ project - управління програмними розробками з інтеграцією CVS і Subversion;
- ✓ flowplayer - відеоплеєр для сайту (до Drupal пропонується декілька подібних рішень з різними відеоплеєрами);
- ✓ fckeditor - WYSIWYG редакторів (до Drupal адаптовано кілька різних редакторів);
- ✓ captcha - традиційне рішення для блокування спаму;
- ✓ ldap - інтеграція LDAP з сайтом на Drupal.

Кешування сторінок - сторінки переглянуті користувачами кешуються в базі і анонімні користувачі отримують сторінки з кешу, без повторної генерації кожного інформаційного блоку відображуваного на сторінці. Це дозволяє значно знизити число запитів до бази даних і збільшити швидкість віддачі сторінок.

Багатофункціональність - Drupal підтримує Apache і MS IIS, СУБД MySQL, PostgreSQL та MS SQL (не складе складності переклад на будь-яку іншу СУБД, підтримуючу ANSI SQL). Найкращим чином відпрацьована традиційна для хостингів зв'язка Apache на unіx (Linux, \* BSD та ін) + MySQL, на ній як правило спочатку з'являються нові можливості та модулі Drupal, потім вже адаптуються до решти платформ.

GoogleMaps – набір додатків, побудованих на основі безкоштовного картографічного сервісу і технологій, які надає компанія Google.

Сервіс являє собою карту та супутникові знімки всього світу. Існує 20 рівнів масштабу.

**Державний кадастр природних лікувальних ресурсів**

Головна Про сайт Архів RSS Реєстрація Вхід

**Родовище мінеральних вод Маринівське «Аква Віта»**

Номер реєстрації в кадастрі	21
Дата занесення до кадастру	20.09.2013 р.
Підстава для занесення до кадастру	Постанова Уряду України 218/1 від 02.11.2007 р.

Показати на карті ...

**Родовище мінеральних вод с. Верхівка**

**Родовище мінеральних вод Новохмільницьке та Хмільницьке**

Показати на карті ...

**Родовище мінеральних вод Лісова «Поділля»**

**Родовище мінеральних вод Стрижавське родовище**

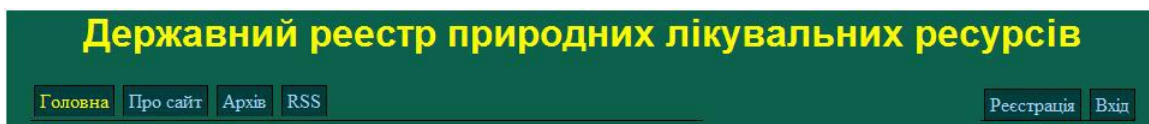
**Джерела**

- Мінеральні води
- Лікувальні грязі (пелоїди)
- Бішофіт
- Озокерит
- Морська вода (морське узбережжя)
- Користувачі природних лікувальних ресурсів
- Надходження інформації до кадастру

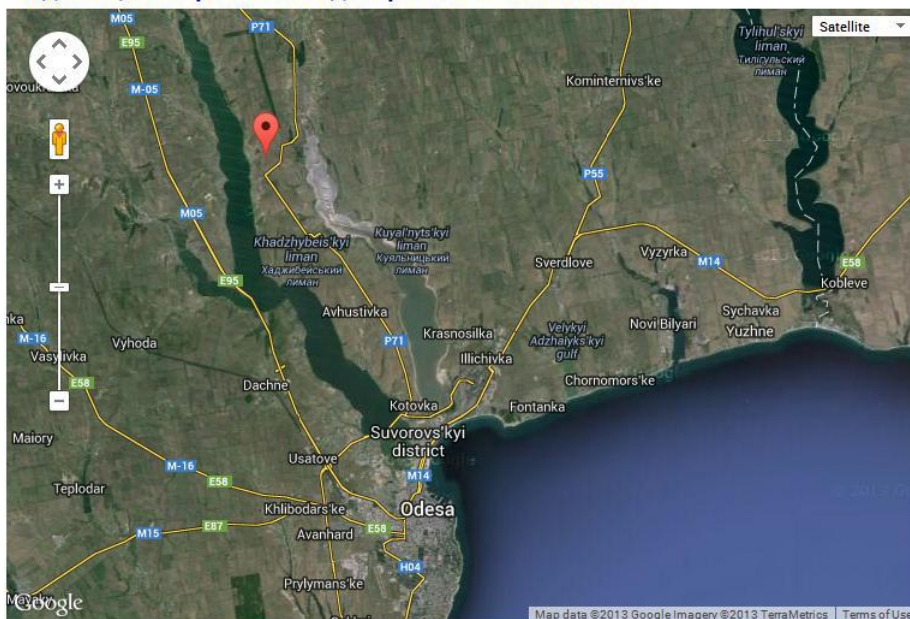
Рисунок 3 – Головна сторінка

№	шкала масштаба, м	~м./пик.	z	источники изображений
1	10	0,16	19	Аерофотосъёмка
2	20	0,31	18	
3	50	0,63	17	DigitalGlobe/GeoEye
4	100	1,25	16	
5	200	2,50	15	
6	500	5,00	14	
7	1000	10,00	13	
8	2000	20,00	12	LandSat-7
9	5000	40,00	11	
10	10 000	80,00	10	
11	20 000	160,00	9	
12	20 000	307,69	8	
13	50 000	625,00	7	
14	100 000	1250,00	6	
15	200 000	2500,00	5	
16	500 000	5263,16	4	
17	1 000 000	10 526,32	3	
18	2 000 000	21 052,63	2	
19	5 000 000	41 666,67	1	
20	10 000 000	83 333,33	0	

Рисунок 4 – Рівні масштабу GoogleMaps



Родовище мінеральних вод Маринівське «Аква Віта»



Джерела

- Мінеральні води
- Лікувальні грязі (пелоїди)
- Бішофіт
- Озокерит
- Морська вода (морське узбережжя)
- Користувачі природних лікувальних ресурсів
- Надходження інформації до кадастру

(С) Козлов Олександр Васильович, 2013, Одеса.

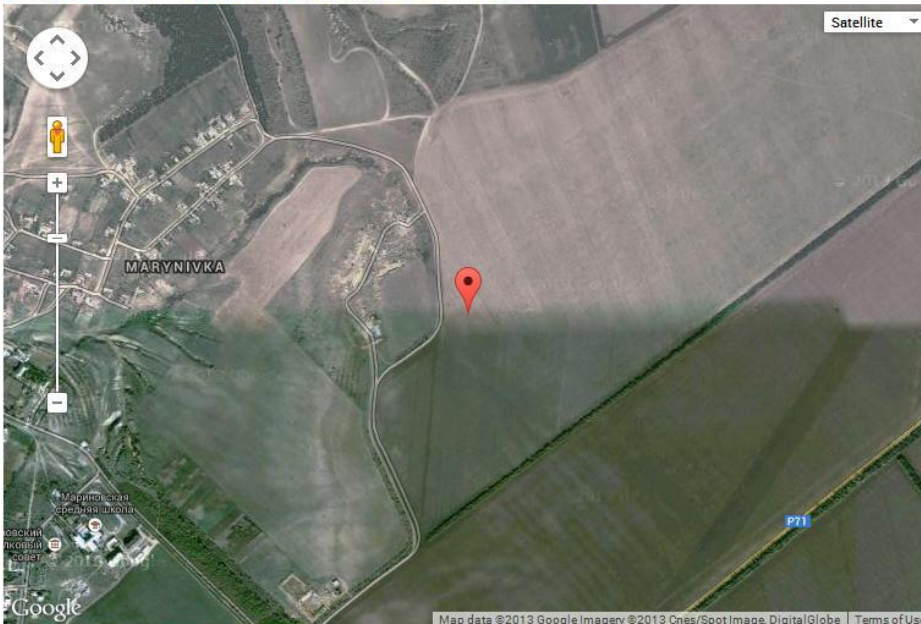
Рисунок 5 – «Аква Віта» на карті (1)

# Державний реєстр природних лікувальних ресурсів

Головна Про сайт Архів RSS

Реєстрація Вхід

## Маринівське «Аква Віта», сврд. №4749 та №4870



### Джерела

- Мінеральні води
- Лікувальні грязі (пелоїди)
- Бішофіт
- Озокерит
- Морська вода (морське узбережжя)
- Користувачі природних лікувальних ресурсів
- Надходження інформації до кадастру

(С) Козлов Олександр Васильович, 2013, Одеса.

Рисунок 6 – «Аква Віта» на карті (2)

## Вирішення третього завдання. Підсистема оперативного аналізу OLAP

На жаль, сама по собі машинна форма подання даних містить інформацію, необхідну людині, в прихованому вигляді, і для її вилучення потрібно використовувати спеціальні методи аналізу даних.

Великий обсяг інформації, з одного боку, дозволяє отримати більш точні розрахунки і аналіз, з іншого - перетворює пошук рішень на складне завдання. Не дивно, що первинний аналіз даних був перекладений на комп'ютер. В результаті з'явився цілий клас програмних систем, покликаних полегшити роботу людей, що виконують аналіз (аналітиків). Такі системи прийнято називати системами підтримки прийняття рішень - СППР (DSS, Decision Support System). Для виконання аналізу СППР повинна накопичувати інформацію, володіючи засобами її введення і зберігання. Таким чином, можна виділити три основні завдання, які вирішуються в СППР:

- ✓ введення даних;
- ✓ зберігання даних;
- ✓ аналіз даних.

Збір і зберігання інформації, а також вирішення завдань інформаційно-пошукового запиту ефективно реалізуються засобами систем управління базами даних (СУБД). У OLTP ( Online Transaction Processing ) - підсистемах реалізується транзакційна обробка даних. Безпосередньо OLTP-системи не підходять для повноцінного аналізу інформації в силу суперечливості вимог, пропонованих до OLTP-систем і СППР.

Для надання необхідної для прийняття рішень інформації зазвичай доводиться збирати дані з декількох транзакційних баз даних різної структури і змісту. Основна проблема при цьому полягає в неузгодженості та суперечливості цих баз - джерел, відсутності єдиного логічного погляду на корпоративні дані.

Тому для об'єднання в одній системі OLTP і СППР для реалізації підсистеми зберігання використовуються концепція сховищ даних (СД). В основі концепції СД лежить ідея поділу даних, що використовуються для оперативної обробки і для вирішення завдань аналізу, що дозволяє оптимізувати структури зберігання. СД дозволяє інтегрувати раніше роз'єднані деталізовані дані, що містяться в історичних архівах, накопичуваних в традиційних OLTP - системах, що надходять із зовнішніх джерел, в єдину базу даних, здійснюючи їх попереднє узгодження і, можливо, агрегацію. Підсистема аналізу може бути побудована на основі:

1. підсистеми інформаційно-пошукового аналізу на базі реляційних СУБД і статичних запитів з використанням мови SQL;
2. підсистеми оперативного аналізу. Для реалізації таких підсистем застосовується технологія оперативної аналітичної обробки даних OLAP, що використовує концепцію багатовимірного подання даних;
3. підсистеми інтелектуального аналізу, що реалізують методи і алгоритми Data Mining

## Поняття сховища даних

Технологія СД призначена для зберігання та аналізу великих обсягів даних з метою подальшого виявлення в них прихованих закономірностей і, поряд з технологією Data Mining, входить в поняття "передбачувана аналітика". Data Mining, у свою чергу, вивчає процес знаходження нових, дійсних і потенційно корисних знань в базах даних.

СД - предметно-орієнтований, інтегрований, рідко мінливий, що підтримує хронологію набір даних, організований для цілей підтримки прийняття рішень. Предметна орієнтація означає, що СД інтегрують інформацію, що відображає різні точки зору на предметну область. Інтеграція передбачає, що дані, що зберігаються в СД, приводяться до єдиного формату. Підтримка хронології означає, що всі дані в СД відповідають послідовним інтервалам часу.

Окрім можливості працювати з єдиним джерелом інформації, керівники та аналітики повинні мати зручні засоби візуалізації даних, агрегування, пошуку тенденцій, прогнозування. Незважаючи на різноманіття аналітичної діяльності можна виділити типові технології аналізу даних, кожній з яких відповідає певний набір інструментальних засобів. Разом з сховищем даних ці кошти забезпечують повне рішення для автоматизації аналітичної діяльності та створення корпоративної інформаційно-аналітичної системи.

## Фізичні та віртуальні сховища даних

При завантаженні даних з OLTP - системи в СД відбувається дублювання даних. Проте в ході цього завантаження дані фільтруються, оскільки не всі з них мають значення для проведення процедур аналізу. У СД зберігається узагальнена інформація, яка в OLTP - системі відсутній.

Надмірність інформації можна звести до нуля, використовуючи віртуальне СД. У такій системі дані з OLTP - системи не копіюються в єдине сховище. Вони витягуються, перетворюються і інтегруються безпосередньо

при виконанні аналітичних запитів в режимі реального часу. Фактично такі запити безпосередньо передаються до OLTP - системі.

Переваги віртуального СД:

- ✓ мінімізація обсягу збережених даних;
- ✓ робота з поточними, актуальними даними.

Недоліки віртуального СД:

- ✓ більш високе, порівняно з фізичним СД час обробки запитів;
- ✓ необхідність постійної доступності всіх OLTP - джерел;
- ✓ зниження швидкодії OLTP-систем;
- ✓ OLTP-системи не орієнтовані на зберігання даних за тривалий період часу, по мірі необхідності дані вивантажуються в архівні, тому не завжди є фізична можливість отримання повного набору даних в СД.

Проблематика побудови сховищ даних

Основна проблематика при створенні СД полягає в наступному:

1. інтеграція різнорідних даних. Дані в СД надходять з різнорідних OLTP-систем, які фізично можуть бути розташовані на різних вузлах мережі. При проектуванні та розробці СД необхідно вирішувати задачу інтеграції різних програмних платформ зберігання;

2. ефективне зберігання і обробка великих обсягів даних. Побудова СД передбачає накопичення даних за значні періоди часу, що веде до постійного зростання обсягів дискової пам'яті, а також зростанню обсягу оперативної пам'яті, що вимагається для обробки цих даних. При зростанні обсягів даних це зростання нелінійне;

3. організація багаторівневих довідників метаданих. Кінцевим користувачам СППР необхідні метадані, що описують структуру зберігаються в СД даних, а також інструменти їх візуалізації;

4. забезпечення інформаційної безпеки СД. Зведена інформація про діяльність компанії, як правило, відноситься до комерційної таємниці і



підлягає захисту; крім того, в СД можуть міститися персональні дані клієнтів і співробітників, які також необхідно захищати. Для виконання цієї функції має бути розроблена політика безпеки СД і пов'язаної з ним інфраструктури, а також реалізовані передбачені в політиці організаційні та програмно-технічні заходи щодо захисту інформації.

#### Вітрини даних

Скорочення витрат на проектування і розробку СД може бути досягнуто шляхом створення вітрин даних (ВД). ВД - це спрощений варіант СД, який містить лише тематично об'єднані дані.

ВД містить дані, орієнтовані на конкретного користувача, істотно менше за обсягом, і для її реалізації потрібно менше витрат. ВД можуть будуватися як самостійно, так і разом з СД. ВД впроваджуються набагато швидше і швидше видно ефект від їх використання. Недоліками ВД є багаторазове зберігання одних і тих же даних в різних ВД і відсутність консолідованості на рівні предметної області.

Зазвичай інформація потрапляє до ВД з СД, в цьому випадку ВД називаються залежними. Можлива також ситуація, коли джерелом інформації для поповнення ВД служать безпосередньо OLTP -системи. Такі ВД, що отримали назву незалежних, як правило, розглядаються як тимчасове рішення, що дозволяє досить швидко і з невеликими витратами вирішити найбільш важливі завдання, оцінити переваги нового підходу, сформулювати деякі рекомендації для більш масштабного проекту розробки загального СД.

Можливо також поєднання СД і ВД в рамках однієї СППР. СД в цьому випадку представляє собою єдиний джерело даних для всієї предметної області, а ВД є підмножинами даних зі сховища, організованими для представлення інформації за тематичними розділами даної області. У тому випадку, якщо користувачеві, для якого створювалася ВД, що містяться в ній дані недостатньо, то він може звернутися до СД.

Достоїнствами такого рішення є простота створення та наповнення ВД, оскільки наповнення відбувається з єдиного стандартизованого джерела

очищених даних - з СД, простота розширення за рахунок додавання нових ВД, а також зниження навантаження на основне СД.

Недоліки полягають у надмірності, так як дані зберігаються і в СД, і до ВД, а також додаткові витрати на розробку СППР з СД і ВД.

Поняття і модель даних OLAP

Поняття OLAP

OLAP ( Online Analytical Processing ) - технологія оперативної аналітичної обробки даних, що використовує методи і засоби для збору, зберігання та аналізу багатовимірних даних з метою підтримки процесів прийняття рішень.

Основне призначення OLAP-систем - підтримка аналітичної діяльності, довільних запитів користувачів - аналітиків. Мета OLAP-аналізу - перевірка виникаючих гіпотез.

Категорії даних у СД

Всі дані в СД діляться на три категорії

1. детальні дані - дані, що переносяться безпосередньо з OLTP - підсистем. Відповідають елементарним подіям, фіксується у OLTP - системах. Поділяються на:

- ✓ вимірювання - набори даних, необхідні для опису подій (товар, продавець, покупець, магазин,...);
- ✓ факти - дані, що відображають сутність події ( кількість проданого товару, сума продажів,...);

2. агреговані ( узагальнені ) дані - дані, одержувані на підставі детальних шляхом підсумовування за певними вимірами;

3. метадані - дані про дані, що містяться в СД. Можуть описувати:

- ✓ об'єкти предметної області, інформація про які міститься в СД;
- ✓ категорії користувачів, що використовують дані в СД;
- ✓ місця і способи зберігання даних;
- ✓ дії, що виконуються над даними;
- ✓ час виконання різних дій над даними;

- ✓ причини виконання різних дій над даними.

### Інформаційні потоки в СД

Дані в СД утворюють такі інформаційні потоки:

- ✓ вхідний потік - утворюється даними, копіюваний з OLTP-систем в СД; дані при цьому часто очищаються і збагачуються шляхом додавання нових атрибутів;
- ✓ потік узагальнення - утворюється агрегуванням детальних даних та їх збереженням у СД;
- ✓ архівний потік - утворюється переміщенням детальних даних, кількість звернень до яких знизилася;
- ✓ потік метаданих - утворюється потоком інформації про дані в репозиторій даних;
- ✓ вихідний потік - утворюється даними, видобуваються користувачами;
- ✓ зворотний потік - утворюється очищеними даними, записуваними назад в OLTP -системи.

В четвертій частині необхідно вирішити задачу розробки локальної системи для збору даних кадастру.

Локальний додаток, буде містити частину бази даних, яку вибрав користувач, а також буде використовуватися для введення даних кадастру в випадку відсутності доступу до інтернету.

Локальний додаток буде написаний на мові програмування Java.

Java – це об'єктно-орієнтована мова програмування випущена компанією SunMicrosystems.

Вибір цієї мови обґрунтований тим що:

- 1) синтаксис мови простий та об'єктно-орієнтований;
- 2) незалежність від архітектури;
- 3) вона динамічна, інтерпретована та підтримує одночасне опрацювання.

Вирішення цих завдань дозволяє майже повністю досягти поставленої цілі.

**Наукова значимість** проведених досліджень полягає в наступному:

1. запропоновано архітектуру геоінформаційної системи кадастру природних лікувальних ресурсів, що сполучає властивості глобальних і локальних структур, за рахунок гнучкої взаємодії розподілених локальних абонентів із центральною базою даних через автоматизовану систему зберігання, обробки й відображення даних кадастру

2. знижено невизначеність змісту центральної бази даних для розподілених споживачів за рахунок істотного скорочення часу внесення коректив.

3. запропоновано використання підсистеми аналізу, що дасть можливість виявити нові корисні дані з існуючої бази даних

## **Висновки**

У результаті виконання даної роботи

1. розроблена, проаналізована, наповнена й оптимізована база даних кадастру;

2. впроваджена автоматизована web-система обробки, зберігання та відображення даних кадастру;

3. реалізоване виведення в електронному та паперовому вигляді результатів аналізу й стандартних звітів.

Задача створення локальної системи для збору даних кадастру та підсистеми аналізу даних на даний час знаходиться у розробці.

Система, що розроблюється має такі можливості:

1) Відкритий доступ, тобто для доступу до кадастру потрібен тільки комп'ютер і доступ в інтернет;

2) Добре масштабована (1 до 20м);

3) Дуже висока швидкість рендерінгу;

- 4) Зручна для роботи існуючих систем (комп'ютерів), не вимоглива до ресурсів;
- 5) Можливість фільтрації даних;
- 6) Різний аналіз даних;
- 7) Відображення короткої інформації про об'єкт;
- 8) Отримання інформації по заданих параметрах;
- 9) Можливість додавання нового об'єкта й зміна існуючого;
- 10) Можливість завантаження GPS треків;
- 11) Висока продуктивність ГІС системи;
- 12) Робота з картою в реальному часі без перезавантаження сторінки;
- 13) Можливість включення й виключення відображення шкірного тематичного кулі;
- 14) Можливість роботи в оффлайн режимі.

#### Література

1. Зайков, В.П. Влияние эффективности исходных материалов на показатели надежности термоэлектрических охлаждающих устройств. Часть 1. Однокаскадные ТЭУ / В.П. Зайков, В.И. Мещеряков, А.А. Гнатовская, Ю.И. Журавлев // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – Одесса, Политехпериодика, 2015. – № 1. – С. 44 – 48.
2. Зайков, В.П. Влияние эффективности исходных материалов на показатели надежности термоэлектрических охлаждающих устройств. Часть 2. Двухкаскадные ТЭУ / В.П. Зайков, В.И. Мещеряков, Ю.И. Журавлев // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – Одесса, Политехпериодика, 2015. – № 2. – С. 44 – 48.
3. Зайков, В.П. Повышение надежности однокаскадных термоэлектрических охлаждающих устройств за счет использования различных вариантов сочетаний параметров исходных материалов одинаковой эффективности / В.П. Зайков, В.И. Мещеряков, Ю.И. Журавлев // Холодильная техника и технология, 2015. – Том 51, Вып. 3. – С. 104 – 112.
4. Зайков, В.П. Сравнительный анализ основных параметров и показателей надежности однокаскадных термоэлектрических устройств при использовании различных сочетаний параметров исходных материалов одинаковой эффективности / В.П. Зайков, В.И. Мещеряков, Ю.И. Журавлев // Холодильная техника и технология, 2015. – Том 51, Вып. 4. – С. 37 – 44.
5. Зайков, В.П. Выбор сочетаний параметров термоэлектрических материалов для разработки охладителей повышенной надежности / В.П. Зайков, В.И. Мещеряков, Ю.И. Журавлев // Восточно-Европейский журнал

передовых технологий. – Харьков: Техноцентр, 2015. – Вып. 3/8 (75). – С. 4 – 14.

6. Зайков, В.П. Анализ возможностей повышения надежности термоэлектрических охлаждающих устройств / В.П. Зайков, В.И. Мещеряков, Ю.И. Журавлев // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: Техноцентр, 2015. – Вып. 4/8 (76). – С. 17 – 25.

7. Зайков, В.П. Влияние параметров материалов на показатели надежности двухкаскадных термоэлектрических устройств / В.П. Зайков, В.И. Мещеряков, Ю.И. Журавлев // Технологический аудит и резервы производства, 2015. – № 3/1 (23). – С. 34 – 40.

### *Наукові праці апробаційного характеру*

9. Мещеряков, В.И. Использование постоянной времени ТЭУ для контроля показателей надежности изделия / В.И. Мещеряков, В.П. Зайков, Ю.И. Журавлев // Актуальные проблемы инженерной механики: материалы II Международной конференции 16 – 20 марта 2015 г., Киев – Одесса, 2015. – С. 89–91.

10. Журавлев, Ю.И. Надежностно-ориентированное проектирование термоэлектрических устройств обеспечения тепловых режимов / Ю.И. Журавлев // Сучасні проблеми автоматики та електроніки – 2015: матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю 22-24 квітня 2015 р., Миколаїв, 2015. – С. 4-5.

11. Мещеряков, В.И. Прогнозирование непрерывных отказов термоэлектрических охлаждающих устройств / В.И. Мещеряков, В.П. Зайков, Ю.И. Журавлев // Стратегия и качества в промышленности и образовании: материалы XI Международной конференции 1-5 июня 2015 г., Болгария, Варна, 2015. – С. 109-113.

12. Мещеряков, В.И. Прогнозирование показателей надежности термоэлектрических охладителей / В.И. Мещеряков, Ю.И. Журавлев // Современные информационные и инновационные технологии на транспорте: материала VII Международной научно-практической конференции 26-28 мая 2015 г., Херсон, 2015. – С. 287-289.

13. Мещеряков, В.И. Моделирование тренда временной деградации эффективности термоэлектрического материала / В.И. Мещеряков, Ю.И. Журавлев // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матеріали V Міжнародної конференції 19-22 травня 2015 р., Чернігів, 2015. – С. 221-223.

14. Зайков, В.П. Повышение показателей надежности однокаскадных термоэлектрических охлаждающих устройств / В.П. Зайков, В.И. Мещеряков,

Ю.И. Журавлев // Іноваційний потенціал світової науки – ХХІ сторіччя: збірник статей третьої Міжнародної науково-практичної конференції, 2015. – Том 2. – С. 80-81.

15. Журавлев, Ю.И. Надежно ориентированное проектирование РЭА с термоэлектрическими охладителями / Ю.И. Журавлев // Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика: Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених, спеціалістів, аспірантів 20-24 квітня 2015 р., Маріуполь, 2015. – С. 73.

16. Журавлев, Ю.И. Исследование связи эффективности термоэлектрических материалов с показателями надежности охладителей / Ю.И. Журавлев // Информатика, математика, автоматика ІМА-2015: матеріали науково-технічної конференції 20-25 квітня 2015 р., Суми, 2015. – С. X

17. Мещеряков, В.И. Принятие решений при прогнозе показателей надежности термоэлектрических охладителей / В.И. Мещеряков, Ю.И. Журавлев // Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи): матеріали III-ої Міжнародної науково-практичної конференції 12-15 травня 2015р., Київ-Черкаси, 2015. – С. 234-235.

18. Журавлев, Ю.И. ОДЭКУ

19. Спосіб прогнозування показників надійності термоелектричного пристрою: Патент на корисну модель № 62554; винахідники і власники Мещеряков В.І., Зайков В.П., Журавльов Ю.І. – зареєстровано 25.08.2011 ; опубл. 25.08.2011, Бюл. № 16. – С.4.