

2. Котельна установка [Текст] пат. 85517 Україна: МПК F22B33/00, F23C 9/00, F23L 15/00 / Брикайло Р.В., Мисак Й.С.; заявники і патентовласники Добротвірська ТЕС ВАТ «ЗАХІДЕНЕРГО», Національний університет «Львівська політехніка».- № а 2007 03316; заявл. 27.03.2007; опубл.10.10.2008.- Бюл.№ 19. – 4 с.
3. Котельна установка [Текст] пат. 94510 Україна: МПК F22B33/00, F23C 9/00, F23L 15/00 / Брикайло Р.В., Мисак Й.С.; заявники і патентовласники Добротвірська ТЕС ВАТ «ЗАХІДЕНЕРГО», Національний університет «Львівська політехніка».- № а 2009 10705; Брикайло Р.В., Мисак Й.С.; заявлено 23.10.2009; опубл.26.04.2011.- Бюл.№ 8.- 3 с.

**Проведений аналіз джерел КНЧ випромінювання з метою створення високочутливої системи діелекومتрії, яка можлива при застосуванні високостабільного джерела випромінювань RDX діапазону на основі діелектричного резонатора з коливаннями «шепучої галереї»**

**Ключові слова:** дифракція, діод, частота, резонатор, частотні шуми

**Проведен анализ источников КВЧ излучения с целью создания высокочувствительной системы диелекومتрии, которая возможна с применением высокостабильного источника излучений RDX диапазона на основе диэлектрического резонатора с колебаниями «шепчущей галереи»**

**Ключевые слова:** дифракция, диод, частота, резонатор, частотные шуми

**The analysis of the sources of EHF radiation in order to create a highly sensitive dielectrometry system is carried out, which is possible with the use of a highly stable source of radiation RDX range based on the dielectric resonator with oscillations of "whispering gallery"**

**Keywords:** diffraction, diode, frequency, resonator, frequency noise

УДК 614.89:537.868

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ КВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЫСОКОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ ИХ ЧАСТОТЫ

**Н. П. Кунденко**

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра "Интегрированные электротехнологии и процессы"\*

Контактный тел: (057) 712-28-33, 067-743-77-76

E-mail: n.p.kundenko@inbox.ru

**А. Д. Черенков**

Доктор технических наук, профессор

Кафедра технотроники и теоретической электротехники

\*Харьковский национальный технический университет

сельского хозяйства им. П. Василенко

ул. Артема, 44, г. Харьков, 61000

Контактный тел.: (057) 712-42-32

E-mail: tte\_nniect@ukr.net

### 1. Введение

Определение электрофизических параметров сред является одним из важных направлений современной радиофизики, радиотехники, медицины, биологии и других отраслей науки и промышленности. Создание приборов, работающих в СВЧ и КВЧ-диапазонах, способных определять, контролировать и по данным наблюдений автоматически принимать решения относительно состояния физического объекта или окружающей среды, является основной тенденцией современного приборостроения. Это связано и с разработкой новых методов определения диэлектрической проницаемости (ДП) микрообъектов животноводства. Резонансный метод измерения ДП основан на измерении смещения частоты генератора при внесении в объём измерительного резонатора исследуемого объекта. Проведенный анализ работ показал, что точность

измерений ДП зависит от стабильности частоты генератора и добротности измерительного резонатора.

### Основные материалы исследования

В настоящее время разработаны различные методы и схемы построения высокостабильных диодных генераторов (диоды Ганна – ДГ, лавинно-пролётные диоды – ЛПД), основанные на применении параметрической стабилизации частоты высокочастотными резонаторами, на умножении частоты высокостабильных кварцевых генераторов, на использовании внешней синхронизации, на применении систем автоподстройки частоты и фазы [1,2]. Выбор того или иного метода стабилизации частоты генератора зависит от требований, предъявляемых к измерительной системе, таких как средняя частота, кратковременная и долговременная

нестабильность частоты, вид активного элемента автогенератора, спектральная плотность мощности фазовых шумов, диапазон перестройки, уровень выходной мощности сигнала, габариты и вес. Создание кварцевых СВЧ генераторов связано с усложнением схемы за счёт многократного умножения частоты стабильного низкочастотного генератора, что приводит к ухудшению спектральных характеристик выходного сигнала, т.к. шумы растут пропорционально квадрату коэффициента умножения. Для достижения высокого качества сигнала в работах [1,2] предложен и реализован принцип комбинированной параметрической и электрической стабилизации частоты в сантиметровом и длинноволновой части миллиметрового диапазонов длин волн. Параметрическая стабилизация частоты генератора осуществляется высокочастотным резонатором для достижения низкого уровня частотных шумов, а электрическая (система ФАПЧ с кварцевым генератором) для получения высокой долговременной стабильности частоты. Метод параметрической стабилизации частоты с помощью внешних объёмных высокочастотных резонаторов успешно используется в СВЧ диапазоне вплоть до частот 50-60 ГГц. Однако при продвижении в более высокочастотную область эффективность объёмных стабилизирующих резонаторов снижается из-за уменьшения объёма резонатора и возрастания омических потерь в стенках резонатора. Наивысшей добротностью в миллиметровом и субмиллиметровом диапазоне волн обладают открытые резонаторы (ОР) с металлическими фазокорректирующими зеркалами и диэлектрические резонаторы (ДР).

Признанными достоинствами в мм диапазоне длин волн обладают ДР в форме полудиска и полушара, расположенных на плоской проводящей поверхности с азимутально-неоднородными колебаниями типа «шепчущей галереи», главными из которых являются высокая добротность и разреженный спектр частот колебаний. Обнаруженный в аномально низкий уровень диэлектрических потерь в лейкосапфире ( $Q^{-1} \leq 5 \cdot 10^{-6}$  при 300К в 3-сантиметровом диапазоне волн) позволил получить уникальные результаты при создании сверхстабильных генераторов СВЧ диапазона. Задачи возбуждения колебаний в ДР по мере продвижения в коротковолновые части диапазона решаются всё сложнее и сложнее. Для возбуждения колебаний в ДР используются, как правило, сосредоточенные элементы связи в виде прямоугольного волновода пониженного сечения (щель связи). К настоящему времени отсутствуют результаты исследований по созданию генераторов на основе ДР в коротковолновой части (КВЧ) мм диапазона, где частотные и энергетические характеристики активных элементов приближаются к предельным величинам.

Одна из трудностей реализации метода комбинированной стабилизации частоты - необходимость введения в резонансную систему генератора, стабилизированного высокочастотным ДР, нелинейного элемента (варакторного диода) для электрической перестройки частоты, который бы позволял обеспечить необходимую полосу перестройки и не снижал эквивалентную добротность КДР, определяющую уровень частотных шумов. Во многих случаях обеспечить соответствующие характеристики перестройки частоты генератора

с помощью лишь введения в схему низкочастотного варакторного диода оказывается невозможным и недопустимым по этой причине сильной связи с высокочастотным КДР. Решить эту проблему возможно на основе применения в генераторе двух элементов перестройки частоты – механической и электрической.

Проектирование генераторов на основе полудисковых анизотропных КДР во многом зависит от решения задачи синтеза его геометрических размеров по заданным параметрам материала, характеристикам и типу колебаний. Оно строится на основе анализа спектра колебаний и распределения электромагнитного поля в ДР при заданных его параметрах. Точные методы расчёта спектра колебаний полудискового ДР пока не реализованы

Наиболее высокие результаты по стабильности частоты в диапазоне до 60 ГГц достигнуты при использовании диодных генераторов с объёмными цилиндрическими резонаторами.

В то же время применение ЛПД позволяет значительно увеличить уровень выходной мощности. Максимальная стабильность частоты и, соответственно, минимальные фазовые шумы достигаются при оптимизации схемы построения ГЛПД, режима питания и увеличении добротности стабилизирующего резонатора.

С увеличением частоты ( $f > 60$  ГГц) эффективность объёмных резонаторов падает, т.к. возрастают омические потери в материалах, из которых изготавливаются резонаторы, а также уменьшаются их размеры, а, следовательно, и их добротность.

Один из возможных путей преодоления этих трудностей – переход к сверхразмерным волноведущим системам. Однако и здесь возникает проблема – многомодовость волновода и взаимное преобразование мод, источником которого являются различные неоднородности в волноводе. Поэтому в коротковолновой части мм диапазона волн необходимо переходить к открытым электродинамическим системам.

Для согласования сосредоточенных нелинейных активных элементов, которыми являются ограниченные твердотельные – диоды Ганна, ЛПД, диоды Шоттки или СВЧ-транзисторы в квазиоптических источниках излучений СВЧ и КВЧ диапазонов, требуются специальные методы и специфические для данных источников открытые колебательные системы. В работе [3] описан твердотельный генератор с открытой электродинамической системой. В объёме полусферического ОР перпендикулярно его оси, расположена дифракционная решётка из прямоугольных металлических брусьев. Высота брусьев  $h$ , период  $\ell$  и коэффициент заполнения  $\theta$  выбирались из условия прозрачности решётки для Н-поляризованной волны ( $h \sim \lambda/2$ ,  $\ell < \lambda/2$ ,  $\theta < \lambda/4$ ). Активный элемент устанавливался между двумя изолированными брусьями решётки вблизи оси резонатора. Брусья служили тоководами и радиаторами для отвода тепла. При резонансной высоте брусьев грани решётки совпадают с узлами электрической компоненты поля стоячей волны в резонаторе. В этом случае в зазоре между брусьями напряженность электрического поля максимальна, а сама решётка слабо возмущает рабочее колебание резонатора. Проведенные экспериментальные исследования показали, что нагруженная добротность полусферического ОР, в объёме которого расположена дифракцион-

ная решётка, падает вдвое. В данной конструкции снижение добротности ОР связано с дополнительными потерями энергии при внесении дифракционной решётки в объём резонатора. Достижение максимальной стабильности генератора исключает конструктивные решения, которые вносят дополнительные омические потери в резонатор, снижающие его собственную добротность. Для повышения максимальной мощности генератора необходимо согласовать низкоомный активный элемент (диод Ганна или ЛПД) с высокоомным ОР. Один из путей решения этой проблемы – вынести полупроводниковый диод из объёма резонатора. Эти решения применяются во всех высокостабильных генераторах.

Проведенные исследования показали, что одним из перспективных ОР в твердотельной КВЧ электронике является резонатор с угловым эшелеттным зеркалом, обладающий свойством пространственной селекции типов колебаний. В работе [3] приведены результаты исследования генератора, состоящего из сферического зеркала и зеркала, составленного из двух эшелеттов, расположенных под углами  $45^\circ$  к оси резонатора.

Апертура эшелеттного зеркала составляет  $10\lambda$ , где  $\lambda$  – длина волны в волноводе. На каждом из двух эшелеттов помещается 10 прямоугольных ступеней с шириной ступени  $\lambda/2$ . Диод 1 размещается в отрезке прямоугольного волновода на расстоянии  $\lambda/2$  от края волновода. Согласование диода с волноводом и связь с ОР осуществляется перемещением диода по высоте волновода. В данной схеме стабилизации частоты генератора на ЛПД, включенного по схеме на отражение, достигнута долговременная нестабильность частоты в 4-мм диапазоне длин волн порядка  $10^{-7}$  при нагруженной добротности резонатора  $Q_1=2 \times 10^3$ .

К настоящему времени на базе ОР созданы квазиоптические диодные генераторы с высокими спектральными характеристиками как следствие высокой собственной добротности ОР. Однако такие генераторы характеризуются сложной конструкцией, большими габаритами, массой и критичными к внешним воздействиям. Достаточно полный обзор работ [4] по созданию квазиоптических резонансных систем мм диапазона длин волн свидетельствуют о перспективности использования идей квазиоптики в построении стабильных по частоте генераторов.

Среди ДР, используемых в мм диапазоне длин волн как резонансная система генераторов, особое внимание на первых этапах исследований привлек цилиндрический диэлектрический резонатор [5]. При создании резонаторов с определёнными и заданными характеристиками пользуются форматом, определяемым отношением  $\Phi=R/L$ , где  $R$  – радиус резонатора,  $L$  – продольный размер (толщина резонатора). Цилиндрическими принято называть резонаторы с  $\Phi \leq 2.5$  и дисковыми с  $\Phi \geq 2.5$ . Таким резонаторам присущи собственные гибридные колебания двух типов  $EH_{nm1}$  и  $HE_{nm1}$ , где первый индекс означает азимутальный индекс колебания, второй – радиальный, а третий – аксиальный (часть полуволны, укладываемой по высоте  $L$  резонатора). Спектр колебаний в резонаторе может быть настолько густым, что в рабочий диапазон частот попадает несколько резонансных колебаний. Плотность спектра ДР с данным типом колебаний

определяется форматом резонатора, в основном радиусом и диэлектрической проницаемостью материала из которого резонатор изготовлен. В цилиндрическом диэлектрическом резонаторе интервал между частотами двух соседних мод по азимутальному индексу  $n$  при равенстве радиальных  $m$  и аксиальных  $l$  индексов приближённо выражается отношением  $c/2\pi R\sqrt{\epsilon}$ .

Видно, что при больших значениях радиуса резонатора уменьшается частотный интервал между смежными колебаниями с индексами  $n$  и  $n \pm 1$ . Для достижения высокого значения собственной добротности резонатора стремятся к увеличению азимутального индекса  $n$ , что достигается увеличением радиуса резонатора. Таким образом, выбор формата ДР позволяет формировать модовый состав в резонаторе и, следовательно, определять его спектр.

В соответствии с известными исследованиями добротность ДР уменьшается приблизительно обратно пропорционально резонансной частоте. Так, известные наибольшие величины собственных добротностей цилиндрических ДР, возбуждаемых на основных типах  $H_{011}$ ,  $E_{011}$  составляет 20000-30000 на частотах 1-2 ГГц и 2000 на частоте 60 ГГц. В связи с этим значительный интерес приобретают исследования по увеличению добротности ДР. Известным решением, позволяющим увеличить размеры ДР и его добротность, является возбуждение резонатора на типе колебаний «шепчущая галерея».

Разработки резонаторов в режиме «шепчущей галереи» показали возможность существенного увеличения добротностей по сравнению с ДР на основных типах колебаний. Так, при разработке полупроводникового аналога цезиевого стандарта частоты применен ДР на сапфировом стержне с волной  $EH_{501}$  на резонансной частоте 4.85 ГГц; диаметр резонатора равен 5 см; собственная добротность резонатора  $Q_0=290000$ . Нагруженная добротность резонатора в схеме транзисторного генератора  $Q_1=60000$ . С применением таких резонаторов созданы высокостабильные генераторы на гетеробиполярных транзисторах с уровнем частотных шумов  $S_f=-153\text{dB/Гц}/10\text{кГц}$  и на отстройке  $1\text{кГц}$   $S_f=-130\text{dB/Гц}/1\text{кГц}$ .

Диэлектрические резонаторы, работающие в режиме возбуждения высших азимутальных колебаний создают из изотропных и анизотропных материалов с  $\epsilon=2...20$ . Использование при изготовлении дисковых диэлектрических резонаторов таких анизотропных материалов, как одноосные монокристаллы кварца, лейкосапфира, рутила, обладающих малыми значениями тангенса угла диэлектрических потерь (не более  $5 \times 10^{-6}$ ), дало возможность повысить собственную добротность резонатора. Лучшим материалом с точки зрения уровня диэлектрических потерь для дисковых резонаторов является лейкосапфир ( $Al_2O_3$ ). В 3-см диапазоне собственная добротность лейкосапфира около  $2 \times 10^5$  при  $T=293\text{K}$  и примерно  $5 \times 10^7$  при температуре жидкого азота ( $T=77\text{K}$ ) и  $(1...10) \times 10^9$  при гелиевых температурах. Добротность дисковых диэлектрических резонаторов примерно равна добротности используемого диэлектрика. Таким образом, такой резонатор существенно превосходит в этом отношении все другие типы резонаторов, включая сверхпроводящие резонаторы. Кроме того, собственная добротность дисковых диэлектрических резонаторов с коле-

баниями типа «шепчущей галереи», изготовленных из лейкосапфира, примерно вчетверо выше по сравнению с добротностью цилиндрического резонатора с колебаниями типа  $H_{011}$ .

Существенный недостаток дисковых диэлектрических резонаторов из лейкосапфира – сильная зависимость резонансных частот от температуры резонатора. Температурный коэффициент частоты (ТКЧ) составляет  $-(45...70) \times 10^{-6}$  1/град при 293К и снижается (по модулю) до  $-(7...10) \times 10^{-6}$  1/град при 77К. Поэтому основным фактором, вызывающим медленный уход резонансных частот, является изменение температуры окружающей среды, которое влияет на изменение диэлектрической проницаемости материалов из которых изготовлены резонаторы. ТКЧ сапфирового резонатора зависит от формата ( $\Phi=R/L$ ) резонатора и от возбуждаемой моды. Для резонатора с  $EH_{n11}$  колебаниями обнаружено более слабое возрастание ТКЧ с возрастанием модового азимутального индекса  $n$ , чем с  $HE_{n11}$  колебаниями. С увеличением формата ТКЧ резонатора с  $EH_{n11}$  колебаниями возрастает, в то время как с  $HE_{n11}$  колебаниями заметно уменьшается. Это указывает на необходимость правильного выбора формата резонатора и типа колебаний.

Генераторы с ДР различаются способом стабилизации частоты, видом управления частотой, конструктивным исполнением и активным элементом. Автономные генераторы формируют стабильные по частоте колебания с неопределенной фазой. Генераторы с синхронизацией частоты включают в себя генератор, управляемый напряжением (ГУН), с диэлектрическим резонатором и встроенную систему ФАПЧ с внутренним или внешним источником частоты сравнения.

В качестве активного элемента могут применяться кремниевые биполярные и полярные GaAs транзисторы, диоды Ганна и ЛПД. Выбор полупроводникового активного элемента зависит прежде всего от требований, предъявляемых к энергетическим и спектральным характеристикам радиоаппаратуры. ЛПД являются наиболее мощными приборами во всем мм диапазоне волн и значительно превосходят диоды Ганна. Однако по шумовым характеристикам ЛПД уступают диодам Ганна. Так, например, результаты экспериментальных исследований шумовых характеристик ЛПД и ДГ показали, что мера шума  $N$ - параметр диода ответственный за частотный шум автогенератора в диапазоне доплеровских частот, составляет порядка 40 дБ для ЛПД и 25 дБ диода Ганна.

Генераторы с перестройкой частоты необходимы для повышения стабильности частоты с использованием системы ФАПЧ. Они работают по принципу сравнения частоты или фазы подстраиваемого генератора с частотой или фазой эталона, в качестве которого могут быть использованы как генераторы (активные эталоны), так и резонансные системы (пассивные эталоны). В системах ФАПЧ отклонение частоты от номинального значения приводит к появлению сигнала ошибки, который, воздействуя на частоту подстраиваемого генератора, приближает ее к эталонному значению. Создание частотно стабилизированных генераторов с перестройкой частоты основано на применении высокочастотных резонаторов, собственная частота которых управляется при помощи механической или элект-

рической перестройки частоты. Основное требование, предъявляемое к таким генераторам - обеспечение минимального изменения добротности резонатора. Для механической перестройки частоты диэлектрических резонаторов применяют металлические или диэлектрические элементы в форме штырей, пластин или дисков. Изменяя расстояние между резонатором и таким элементом, осуществляют подстройку частоты на несколько процентов. Электрическая перестройка частоты диодных генераторов осуществляется в двух направлениях. Первое направление – это диодные генераторы с широким диапазоном частоты без введения каких либо методов для снижения частотных шумов. Второе направление – это диодные генераторы с плавной перестройкой стабильной частоты сигнала, отличающегося низким уровнем частотных шумов.

При использовании ЛПД наиболее простой способ основан на изменении тока питания диода  $I_0$ . В этом случае частота лавинного резонанса пропорциональна  $(I_0)^{0.5}$ , что приводит при изменении  $I_0$  к изменению частоты автоколебаний. Реализуемый диапазон перестройки составляет 15 -20%. Существенным недостатком такого способа перестройки является значительное изменение мощности в полосе перестройки частоты и малая частотная стабильность. При создании частотно стабилизированных генераторов и систем ФАПЧ для перестройки частоты используются варакторные диоды. Полоса перестройки частоты зависит от добротности резонатора, величины связи диода с высокочастотным резонатором, параметров варактора и схемы его включения, волнового сопротивления волноводной секции.

Возможности реализации частотно стабилизированного электрически перестраиваемого источника излучения КВЧ диапазона зависит от наличия соответствующих полупроводниковых диодов, которые могут обеспечить необходимую выходную мощность, стабильность частоты и диапазон перестройки. В настоящее время в диапазоне частот  $f=70-77$  ГГц серийно выпускаются корпусированные ЛПД типа 2А 757 А, Б, В выходной мощностью  $P=200-300$  мВт и варакторные диоды типа 3А 639 А, Б, В на основе которых, при правильном выборе резонансной системы, возможно создание высокостабильного источника излучений КВЧ диапазона длин волн с электрической перестройкой частоты.

---

## Выводы

---

Собственная добротность ДР с колебаниями «шепчущая галерея» в мм диапазоне длин волн соизмерима с добротностью ОР с металлическими зеркалами; отсутствуют результаты исследований и разработки диодных генераторов, стабилизированных ДР, в диапазоне свыше 40 ГГц; большая добротность и особенности распределения мод азимутальных колебаний в лейкосапфировых ДР позволяет их использовать при создании резонансных систем с повышенной стабильностью частоты и низким уровнем частотных шумов; применение полудисковой конструкции диэлектрического резонатора с металлической проводящей поверхностью позволяет расположить активные элементы для возбуждения резонатора.

## Література

1. Буренин Н.И., Сафаров Р.Т. Стабилизация частоты генераторов СВЧ. / Н.И.Буренин, Р.Т. Сафаров // - М.: Советское радио, 1962.
2. Гвоздев Б.Н., Ештокин В.Н., Зырин С.С., Пелевин А.А. Частотные шумы твердотельных генераторов в режимах комбинированной параметрической и электрической стабилизации частоты / Б.Н. Гвоздев, В.Н.Ештокин, С.С.Зырин, А.А. Пелевин // Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ. – 1980. - № 4. – С. 24-28.
3. Бородин А.И., Булгаков Б.М., Смородин В.В. Полупроводниковый генератор с колебательной системой-открытый резонатор с отражательной решеткой. / А.И.Бородин, Б.М.Булгаков, В.В.Смородин //Письма в ЖТФ. 1980, том 6, №10, -С.1189-1193.
4. Фисун А.И., Белоус О.И. Квазиоптические твердотельные источники излучения: принципы построения, тенденции развития и перспективы приложений. / А.И.Фисун, О.И.Белоус //Зарубежная электроника. Успехи современной радиоэлектроники. 1999 №4, -С 41-64.
5. Царапкин Д.П. Применение диэлектрических резонаторов с волнами типа «шепчущей галереи» для стабилизации частоты автогенераторов СВЧ / Д.П. Царапкин // Радиотехника. – 2002. - № 2. – С. 28-35.

УДК 621.438

*У даній статті представлені результати дослідження впливу стану кінцевих ущільнень на питому витрату теплоти бруто при максимальному навантаженні парових турбін К-300-240*

*Ключові слова: енергоблок, парова турбіна, кінцеве ущільнення*

*В данной статье представлены результаты исследования влияния состояния конечных уплотнений на удельный расход теплоты бруто при максимальной нагрузке паровых турбин К-300-240*

*Ключевые слова: энергоблок, паровая турбина, конечное уплотнение*

*The results of study of the effect of state of finite seals on the specific consumption of heat at the maximum load of steam turbine K-300-240 are presented in the article*

*Keywords: energy unit, steam turbine, finite seal*

## ВПЛИВ СТАНУ КІНЦЕВИХ УЩІЛЬНЕНЬ НА ЕКОНОМІЧНІСТЬ ПАРОВИХ ТУРБІН

**Є.М. Перфілов**

Головний фахівець турбінного цеху  
ВАТ "ЛьвівОРГРЕС"  
вул. Тютюнників, 55, м. Львів, Україна, 79011  
Контактний тел.: (032) 276-01-47

**Й.С. Мисак**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри\*  
Контактний тел.: (032) 258-25-15, 096-436-80-63  
E-mail: kravetst@ukr.net

**Т.Ю. Кравець**

Кандидат технічних наук, доцент, заступник завідувача  
кафедри ТТЕС  
\*Кафедра теплотехніки і теплових електричних станцій  
Національний університет "Львівська політехніка"  
вул. С.Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013  
Контактний тел.: (032) 258-25-15, 067-674-81-65  
E-mail: kravetst@ukr.net

### 1. Постановка проблеми

В 2006, 2007 рр. спеціалістами АТ "ЛьвівОРГРЕС" були проведені теплові випробування турбіни К-300-240-2 ХТГЗ з бездеаераторною тепловою схемою ст. №6 Ладжинської ТЕС і турбіни К-300-240 ХТГЗ другої

модифікації ст. №13 Придніпровської ТЕС з метою розробки нормативних характеристик енергоблоків. Термін експлуатації кожної з цих турбін становить близько сорока років. За результатами випробувань питомо витрата теплоти бруто збільшена при максимальному навантаженні на 3,2% на турбіні ст. №6 Ладжинської