

**ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ МАССОГАБАРИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИЙ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ**

*А. Н. Минко, зав. сектором, асп.*

*ГПЗ «Электротяжмаш»*

*пр. Московский, 299, 61089, г. Харьков, Украина, e-mail: alexandr.minko@list.ru*

*В. В. Шевченко, к.т.н., доц.*

*Национальный Технический Университет «ХПИ»*

*ул. Фрунзе, 21, 61002, г. Харьков, Украина, e-mail: zurbagan\_@mail.ru*

**Введение.** Разработанные методы и модели оптимизации массогабаритных параметров неактивной части конструкций турбогенераторов (ТГ), изложенные в [1–4], были экспериментально проверены на стендовых испытаниях [5, 6], и внедрены в процесс проектирования крупных электрических машин на ГПЗ «Электротяжмаш» [7]. Необходимо проведение экономической оценки конструкций ТГ, выполненных с использованием предложенных методов и моделей оптимизации.

**Цель работы.** Предложить численный критерий оценки оптимальности массогабаритных параметров неактивной зоны ТГ, созданный с использованием разработанных методов и моделей оптимизации, для определения целесообразности его практического использования при проектировании ТГ.

**Материал и результаты исследования.** Для сохранения конкурентоспособности продукции ГПЗ «Электротяжмаш» (ТГ, гидрогенераторов) – единственного крупного электромашиностроительного завода Украины, – необходимо обеспечить значение показателя удельной мощности (кг /кВт) на уровне мировых стандартов. Для этого предлагаем ввести критерий оптимальности массогабаритных параметров ТГ. Причем, если оптимизация активной зоны ТГ проводится постоянно, то вопросами оптимизации неактивной зоны занимались эпизодически или совсем не занимались. Критерий оптимальности конструкции неактивной зоны ТГ рассмотрим на примере приставных коробов ТГ. Он должен соответствовать следующим требованиям:

– критерий оптимальности, определяющий вес и габариты конструкций приставных коробов, должен быть удельным, т.е. отнесенным на единицу величины мощности турбогенератора (т.к. сравниваемые конструкции приставных коробов, применяемые в ТГ разной мощности, зависят от габаритов воздухоохладителей, вентилятора, лобовых частей обмотки статора и др.);

– критерий должен быть безразмерным и относительным, что даст возможность анализировать не только узел в целом, но и сборочные единицы, входящие в него. Возможность проведения поэлементного анализа параметров конструкции позволит установить некоторые данные, например, в конструкции какой детали «упущена» возможность оптимизации;

– при расчете критерия оптимальности необходимо обеспечить возможность введения параметров, учитывающих геометрию и материал деталей конструкции;

– целесообразно, как показали исследования [8], критерий оптимальности рассчитывать по методу средних коэффициентов, что позволит определять его для определения оптимальности конструкции любого электротехнического устройства.

Оценку массогабаритных параметров приставных коробов предлагаем произвести, сравнивая рассчитанные критерии оптимальности ( $g_K, V_K, M_K$  – приведены ниже) оптимизированной и базовой моделей. Ниже приведем алгоритм расчета критериев оптимальности массогабаритных параметров приставных коробов ТГ с целью установления эффективности применения предлагаемой методики оптимизации.

1) Показатель удельной массы приставного короба (кг/кВт):

$$g_K = \frac{G_K}{0,5 \cdot P_A}; \quad (1)$$

где,  $P_A$  – активная мощность ТГ, кВт;  $G_K = G_{K.OO} + G_{K.B} + G_{T.M}$  – масса приставного короба, кг;  $G_{K.OO}$  – масса корпуса приставных коробов, кг;  $G_{K.B}$  – масса коробки выводов, кг;  $G_{T.M}$  – масса теплообменника и внутреннего маслоуловителя, кг.

Аналогичный показатель удельной массы приставного короба для оптимизированной конструкции обозначим  $g_K$ . Отношение этих показателей обозначим  $g_\Delta$ , о.е.:

$$g_\Delta = \frac{g_K}{g'_K}; \quad (2)$$

2) Показатель эффективности объемного (габаритного) использования конструкции приставных коробов ( $m^3/MВт$ ):

$$V_K = \frac{l_K \cdot h_K \cdot k_K + 2 \cdot (l_{K.B} \cdot h_{K.B} \cdot k_{K.B})}{0,5 \cdot P_A}; \quad (3)$$

где,  $l_K$  – тангенциальный размер приставного короба, м;  $h_K$  – высота приставного короба, м;  $k_K$  – радиальный размер (ширина) приставного короба, м;  $l_{K.B}$  – тангенциальный размер коробки выводов, м;  $h_{K.B}$  – высота коробки выводов, м;  $k_{K.B}$  – радиальный размер (ширина) коробки выводов, м. Аналогичный показатель удельной

\* Расчет показателя для предлагаемой конструкции приставного короба, [8], осуществляется без «2» в числителе, т.к. предусмотрена одна комплексная коробка выводов (фазных и нулевых).

массы приставного короба для оптимизированной конструкции обозначим  $V_K$ . Отношение этих показателей обозначим  $V_{\Delta}$ , о.е.:

$$V_{\Delta} = \frac{V_K}{V'_K}; \quad (4)$$

3) Показатель материалоемкости приставных коробов, рассчитанный по методу средних коэффициентов, кг:

$$M_K = \frac{Q_L}{R_L} + \frac{Q_{Ш}}{R_{Ш}} + \frac{Q_{П}}{R_{П}} + \frac{Q_{ПП}}{R_{ПП}} \dots, \quad (5)$$

где,  $Q_L, Q_{Ш}, Q_{П}, Q_{ПП}$  – чистый вес группы деталей, изготавливаемых из литья, штамповки, поковок, проката, кг;  $R_L, R_{Ш}, R_{П}, R_{ПП}$  – средний коэффициент использования материала по деталям аналогичных конструкций, изготавливаемых литьем, штамповкой, ковкой, прокатом. Величину средних коэффициентов использования металла ( $R$ ) можно установить по справочнику машиностроителя.

Показатель материалоемкости конструкции базовой модели приставных коробов равен  $M_K$ , тот же показатель модели после оптимизации –  $M'_K$ , тогда результат сравнения показателей этих показателей, %:

$$M_{\Delta} = \left[ 1 - \frac{P_A \cdot (M'_K - G'_K)}{P'_K \cdot (M_K - G_K)} \right] 100\%. \quad (6)$$

Численная оценка оптимальности массогабаритных параметров приставных коробов, проведенная в соответствии с вышеизложенными критериями оптимальности, представлена в табл. 1.

**Таблица 1. Численная оценка оптимальности массогабаритных параметров приставных коробов**

Параметры и критерии оценки		Показатели по конструкции модели	
		базовая	оптимизированная
Активная мощность (МВт)		120	200
Критерий удельной массы (кг)	$G_{КОО}$	8775	7657,6
	$G_{К.В}$	5625	4781,5
	$G_{Т.М}$	4547,5	3787,5
	$G_K$	18947,5	16226,6
$g_{\Delta}$		$\approx 1,946$	
Критерий объемного использования конструкции ( $m^3$ )	$l_K$	1,54	1,32
	$h_K$	4,92	3,16
	$k_{KB}$	4,01	4,55
	$l_{KB}$	1,54	1,32
	$h_{KB}$	0,645	0,625
	$k_{KB}$	2,52	2,165
	$V$	35,389	20,765
$V_{\Delta}$		$\approx 2,84$	
Критерий материалоемкости конструкции (кг)	$Q_{ЛИСТ\ СТАЛЬ}$	13870	11809
	$Q_{ЛИТЬЕ\ ЦВ}$	87,5	87,5
	$Q_{СОРТ.\ ПРОКАТ}$	280	240
	$Q_{ПРОФ.\ ПРОКАТ}$	310	260
	$Q_{СТАЛЬ\ ТРУБЫ}$	1900	1700
	$Q_{ШТАМПОВКА}$	1400	1150
	$Q_{ПРОЧИЕ}$	1100	980
	$M_K$	34399,89	29424,14
$M_{\Delta}$		$\approx 51,245\%$	

**Выводы.** 1. Предлагаемый метод оптимизации конструкций элементов ТГ целесообразно использовать при проведении модернизации неактивной зоны электротехнических устройств.

2. При помощи предложенного подхода оценки оптимальности (показатели  $g_{\Delta}, V_{\Delta}, M_{\Delta}$ ) массогабаритных параметров можно произвести анализ эффективности внедренных технических решений по оптимизации показателей массы и габаритов неактивной части ТГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин В.В., Шевченко В.В., Минко А.Н. Оптимизация массогабаритных параметров неактивных частей турбогенераторов. – Харьков, Монограф СПДФ Л Чальцев А.В., 2012. – 246 с. ISBN 978-966-8766-25-1

2. Шевченко В.В., Минко А.Н. Развитие систем охлаждения и оптимизация конструкций турбогенераторов: монография. –

Харьков: Издатель Иванченко И.С., 2013. – 242 с. ISBN 978-617-7033-20-1

3. Шевченко В.В., Минко А.Н. О повышении конкурентоспособности отечественных турбогенераторов: зб. наук. праць XI Міжнародної наук.-техн. конф., Кременчук 09-11 квітня 2013 р. / Кременчук, КрНУ, – 2013. – 386 с.

4. Минко А.Н. Методы и модели оптимизации массогабаритных параметров конструкций крупных электрических машин: зб. наук. праць XI Міжнародної наук.-техн. конф. м. Кременчук 09-11 квітня 2013 р. / Кременчук: КрНУ, – 2013. – 386 с.

5. Минко А.Н., Шевченко В.В., Гордиенко В.Ю. Результаты испытаний теплообменного устройства с улучшенными эксплуатационными характеристиками для турбогенераторов с воздушной системой охлаждения / А.Н. Минко, В.В. Шевченко, В.Ю. Гордиенко // Вісник НТУ«ХПИ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Х.: НТУ«ХПИ», 2013. – №14(988). – С. 102-107.

6. Минко А.Н. Методика экспериментального исследования функциональных параметров физической модели воздухоохладителей для турбогенераторов. Системы обработки інформації. – ХУПС им. И. Кожедуба – 2012. – вып. 7(105). – С. 123-126.

7. Пат. №73346 Украина, МПК H02K 9/00. Теплообмінник потужних електричних машин / Минко А.Н. Шевченко В.В. и др.; заявитель и патентообладатель ГП завод «Электротяжмаш» – и 2012 01391; заявл. 09.02.2012; опуб. 25.09.2012, Бюл. №18.

8. Минко А.Н., Кузьмин В.В., Шевченко В.В. Оценка параметрических связей массогабаритных параметров турбогенераторов с уровнем трудоемкости их производства // Вестник НТУ «ХПИ», 2012, № 7. – С. 165-169.

\* Расчет показателя для предлагаемой конструкции приставного короба, [8], осуществляется без «2» в числителе, т.к. предусмотрена одна комплексная коробка выводов (фазных и нулевых).