

УДК 621.313

В. В. Кузьмин^{*}, д-р. техн. наук**В. В. Шевченко**^{*}, канд. техн. наук**А. Н. Минко**^{**}^{*} Украинская инженерно-педагогическая академия (г. Харьков)^{**} ГП завод «Электротяжмаш» (г. Харьков)

ЭФФЕКТИВНАЯ КОМПОНОВКА НЕАКТИВНОЙ ЧАСТИ ТУРБОГЕНЕРАТОРА – ОСНОВНОЕ СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ МАССОГАБАРИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Проведен анализ конструкции неактивной части турбогенератора. Выделено и научно-технически обосновано варианты эффективной компоновки неактивной части турбогенератора с целью оптимизации его массогабаритных параметров.

Проведено аналіз конструкції неактивної частини турбогенератора. Виділено й науково-технічно обґрунтовано варіанти ефективного компонування неактивної частини турбогенератора з метою оптимізації його масогабаритних параметрів.

Постановка задачи и анализ литературы

Постоянная конкуренция среди производителей электромашиностроительной отрасли диктует новые технические и технологические требования к современным турбогенераторам (ТГ). Важным технико-экономическим показателем изготовления ТГ являются его массогабаритные параметры, которые определяют экономическую целесообразность изготовления, т.е. конкурентоспособность машины, и выражаются рыночным соотношением удельного веса на мегаватт мощности [1].

Конструкторские решения в части компоновки конструктивных узлов ТГ, с учетом специфики исполнения будущего турбоагрегата и новейших технологических достижений в области турбогенераторостроения, позволяют достичь высокого уровня использования ресурса машины, повысить надежность и безопасность эксплуатации, а также минимизировать расход материала на производство современного ТГ. Еще одной отличительной значимой особенностью эффективной компоновки конструкции ТГ является создание условий для унификации деталей узлов его неактивной части, что значительно упростит и уменьшит техническую трудоемкость производства такой конструкции [6]. Например, при варианте исполнения ТГ с одним выносным стоячковым подшипником становится возможным унифицировать конструкцию торцевых щитов, что успешно и было осуществлено для конструкции турбогенератора ТГВ–320–2ПУЗ, ГП завода «Электротяжмаш».

Нашей задачей является поиск конструкторских решений, при разработке вариантов эффективной компоновки ТГ со снижением габаритных параметров и уменьшением показателей массы неактивной части ТГ.

Целью работы является: проанализировать конструкцию неактивной части турбогенератора (ТГ), выделить и научно-технически обосновать варианты эффективной компоновки неактивной части ТГ в вопросе оптимизации его массогабаритных параметров.

Основная часть

Анализ технической документации стендовых испытаний [2–3] турбогенераторов, выпускаемых заводом «Электротяжмаш» (г. Харьков, Украина), позволяет отметить, что важным условием для надежной эксплуатации ТГ является обеспечение точной и последовательной функциональной связи между ответственными узлами конструкции ТГ. Уточняя вышесказанное, можно отметить жесткую зависимость показателей температуры лобовых

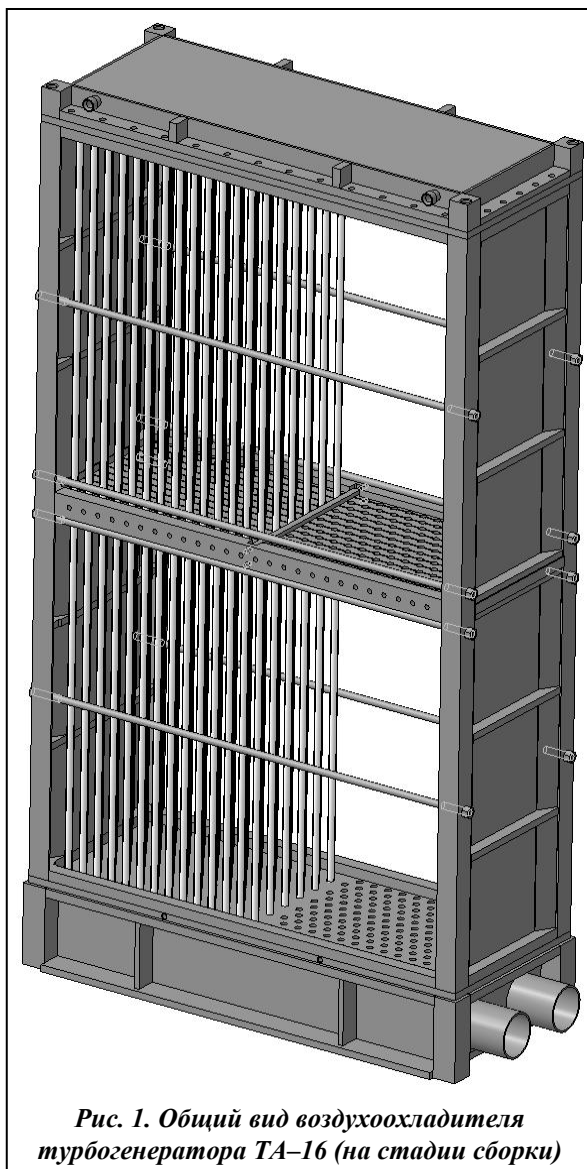


Рис. 1. Общий вид воздухоохладителя турбогенератора ТА-16 (на стадии сборки)

частей обмотки статора с показателями температуры потоков охлаждающей среды после их выхода из теплообменников. Эффективность работы воздухоохладителя (для ТГ с воздушной системой охлаждения) математически можно охарактеризовать следующим уравнением [5]:

$$P = \alpha \cdot S \cdot \tau_{\text{ср}},$$

где P – отводимые потери, кВт; α – коэффициент теплопередачи, зависящий от конструкции пучка труб, скорости воздуха и воды $\text{кВт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; S – поверхность воздухоохладителя, омываемая воздухом, м^2 ; $\tau_{\text{ср}}$ – средняя логарифмическая температура, $^\circ\text{C}$.

Как видим, коэффициент теплопередачи α зависит от конструкции трубок охлаждения и габаритов самого теплообменника, т. е. от его конструкции. Конструкционные параметры эффективной конструкции воздухоохладителя (теплообменника) представлены в табл. 1, для турбогенератора ТА-160 мощностью 160 МВт, количество ходов воды – два.

На рис. 1. изображен общий вид воздухоохладителя (двухсекционный) для турбогенератора ТА-160. Оребрение трубок охлаждения: медная спиральная навивка диаметром 39 мм. В целях компактного размещения теплообменников целесообразно выполнять компоновку с корпусом статора – горизонтально; однако вертикальное размещение теплообменников снижает трудоемкость работ в условиях ремонта и технической диагностики данного узла.

В настоящее время [1] существует масса вариантов конструкций и компоновки корпуса статора, на рис. 2 изображен корпус статора (облегченная конструкция) для турбогенераторов мощностью 120–320 МВт с воздушным охлаждением. Отличительной характеристикой данной конструкции является сниженная масса корпуса, примерно на 20–25% от ранее существовавшей конструкции. Снижение веса корпуса осуществляется за счет уменьшения веса (по средствам уменьшения габаритов внутренних стенок, ребер, обшивки и т.д.), менее ответственных, с точки зрения механической нагрузки, деталей корпуса. Кроме того, для сохранения жесткости конструкции были утолщены «несущие» элементы корпуса: полукольца, ребра, бруски и т.д. Внешняя обшивка как таковая – отсутствует, она заменена съемными кожухами, крепящимися болтовым соединением, (в отдельных местах – сварочным соединением). Таким образом, снизив габариты (а значит, и массу) одних деталей и, создав массивный каркас из других – в результате получим выигрыш в массе порядка 12–16 т, в зависимости от специфики будущего ТГ.

Таблица 1. Конструкционные характеристики воздухоохлаждателей

Элемент конструкции	Материал изготовления	Тип крепления	Габариты**	Масса***
рама	сталь 3	сварка, болтовое соединение	1370×540×2186	245
крышка*	сталь 3	болтовое соединение, уплотнение резиновым шнуром	1370×540×75	верхняя: 180 нижняя: 377
распорка	гетенакс I20	механическое уплотнение	1350×486×20	14,3
охладительная трубка	латунь, мельхиор	развальцовка, припой	Ø19×14, 378 шт. длина 2265	3,13 (1 шт.)
оребрение трубок	медь	навивка, припой	проволока Ø0,5 шаг витков 5 длина 10	входит в массу трубки
доска трубная*	сталь 3	болтовое соединение, уплотнение резиновым шнуром	1370×540×30	21,5
планка, стяжка	сталь 3	сварка	–	входит в общий вес
воздухоохладитель (целиком)			2550×540×1370	Σ: 2330

* – деталь имеет два исполнения, верхнее и нижнее; ** – размеры в миллиметрах;

*** – масса в килограммах.

Комплексное применение эффективной компоновки конструкции неактивной части ТГ позволяет снизить показатели массы турбоагрегата примерно на 30%. Таким образом, мировое соотношение активной части конструкции к неактивной составляет 2,33(3) о. е., т.е. долей неактивной части конструкции ТГ является 30% массы от массы всего турбоагрегата. В табл. 2 отображена динамика изменения соотношения мощности к массе турбогенератора с воздушной системой охлаждения.

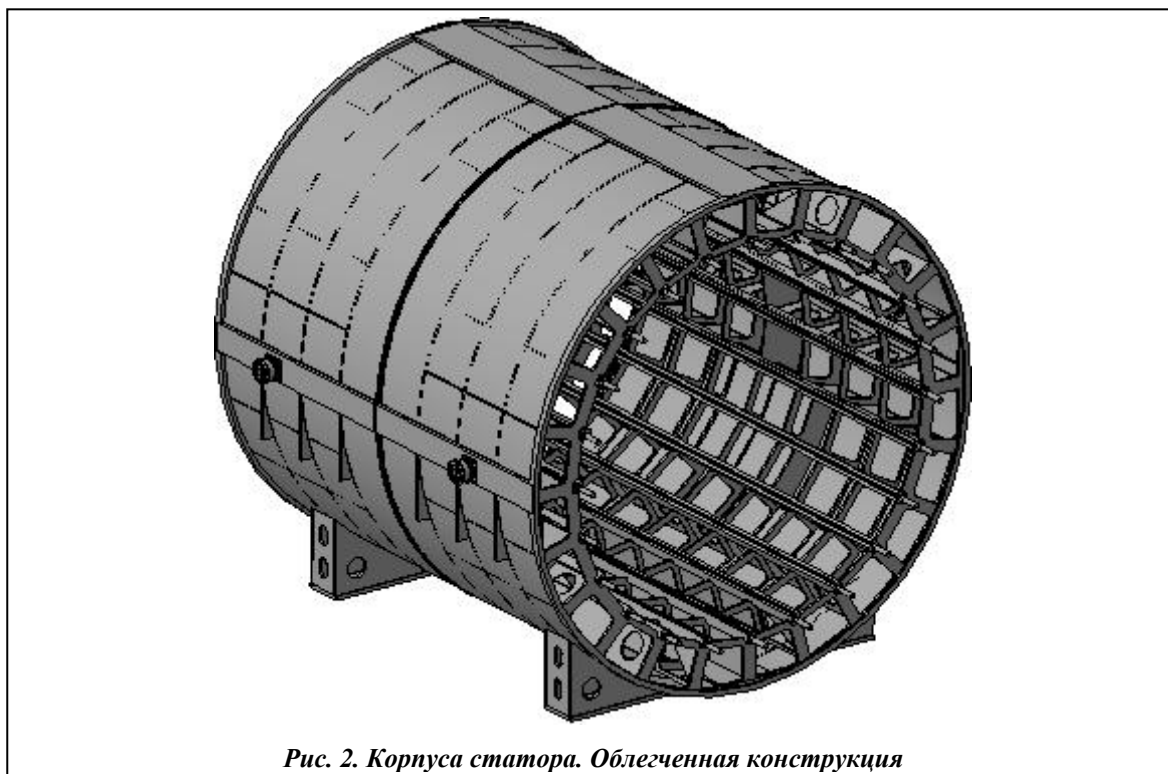
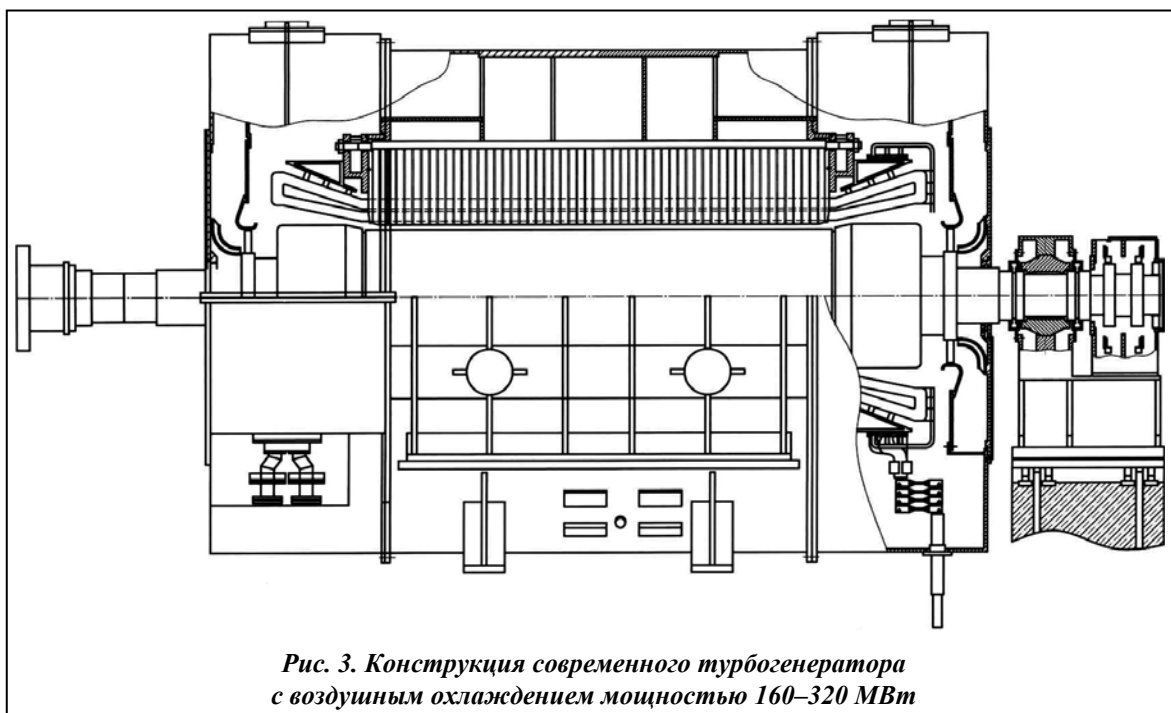


Рис. 2. Корпуса статора. Облегченная конструкция



На рис. 3 изображена конструкция современного турбогенератора с воздушной системой охлаждения мощностью 160–320 МВт.

Для осуществления эффективной компоновки неактивной части вариантов конструкций ТГ, с целью оптимизации массогабаритных параметров – выделим основные технические параметры особо важных узлов конструкции [4], результаты представим в виде структурно-логической схемы, см. рис. 4.

Выводы

1. Кратко изложен анализ конструкций неактивной части ТГ, обосновано значимость неактивной части конструкции ТГ в вопросе оптимизации массогабаритных параметров ТГ.

2. На основании анализа конструкторской документации и инженерно-технической литературы выделены рекомендуемые конструкционные параметры для осуществления эффективной компоновки вариантов конструкции ТГ.

Таблица 2. Динамика соотношения мощности и массы турбогенераторов с воздушной системой охлаждения

Годы	Характеристики турбогенератора			Тип турбины
	Тип	Мощность, МВт	Масса, т	
2004	Т-50-2	50	154	газ, ММПП
2005	ТА-60-2	60	167	пар, ЛМЗ
2005	Т-30-2	30	127	пар, ЛМЗ
2006	ТА-60-2	60	170	пар, ЛМЗ
2006	ТЗФ-220-2	220	268	пар, УТЗ
2007	ТЗФ-120-2	120	242	газ, ММПП
2007	ТА-120-2	120	257	пар, ЛМЗ
2008	ТТК-160-2	160	210	пар, ЛМЗ
2008	ТА-160-2Т	160	300	пар, УТЗ
2009	ТТК-110-2	110	168	газ, ММПП
2009	ТЗФ-350-2	350	280	пар, УТЗ

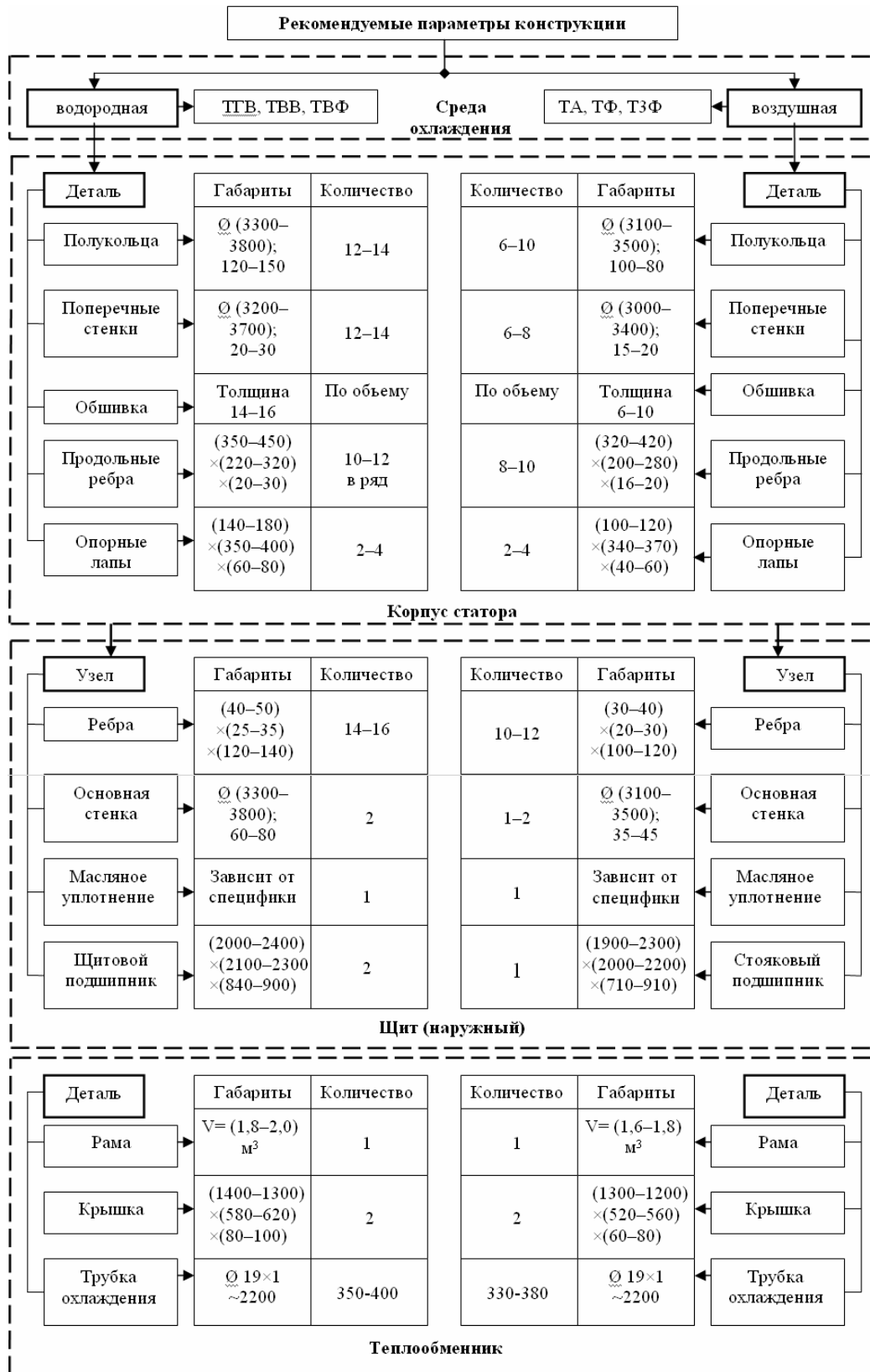


Рис. 4. Рекомендованные конструкционные параметры для осуществления вариантов эффективной компоновки конструкции ТГ

3. Сформулирован и структурно изложен обзор вариантов эффективной компоновки неактивной части ТГ с целью оптимизации массогабаритных параметров ТГ.

Литература

1. О достижениях зарубежных фирм в области турбогенераторостроения / Кузьмин В.В. № ТХ111–381 ГП завод «Электротяжмаш».
2. Отчет об испытаниях турбогенератора ТА–120, № ОТХ 122.613, ГП завод «Электротяжмаш».
3. Отчет об испытаниях турбогенератора ТГВ–200, № ОТХ 129.2491, ГП завод «Электротяжмаш».
4. *Минко А. Н.* Сравнительная оценка массогабаритных параметров турбогенераторов с воздушной и водородной системами охлаждения / А. Н. Минко, В. В. Шевченко // Вестн. НТУ «ХПИ». – 2010. – № 3. – С. 140.
5. *Хазан С. И.* Ремонт турбогенераторов с воздушным и водородным охлаждением / С. И. Хазан. – М.; Л.: Энергия, 1965. – 528 с.
6. *Алексеев А. Е.* Конструкция электрических машин / А. Е. Алексеев. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1958. – 428 с.

Поступила в редакцию
30.11.10