

В. А. БОГУСЛАЕВ, П. Д. ЖЕМАНИЮК, В. И. МОРОЗОВ, В. П. МИТИН, С. В. БИЛОШАПКА

МОДЕРНИЗАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

АННОТАЦИЯ Рассматриваются варианты создания модифицированных газотурбинных установок на базе ранее разработанных серийных блоков и агрегатов. В течение времени при эксплуатации газотурбинных установок происходит физический и моральный износ составляющих. Процесс модернизации, на сегодняшний момент, является эффективным и экономичным методом восстановления работоспособного состояния входящих агрегатов, при котором достигается увеличение ресурса изделия, повышаются его технические и эксплуатационные характеристики, улучшаются экологические показатели.

Ключевые слова: газотурбинная установка, двухтопливный привод, теплоэнергетический комплекс, безредукторная система, спейсерные муфты.

V. A. BOGUSLAEV, P. D. ZHEMANIUK, V. I. MOROZOV, V. P. MITIN, S. V. BILOSHAPKA

POWER PLANT MODERNIZATION AND RECONSTRUCTION

ABSTRACT The purpose of this scientific paper is to familiarize the readers with a level of the developments and engineering opportunities of the JSC "MOTOR SICH" involved in the manufacture, modernization and reconstruction of power plants produced by the Company itself. The history of the Company lasts for more than 100 years and dates back to 1907. The Company manufactures reliable aircraft engines and gas turbine plants that are competitive in the world market. Developed and commissioned new technologies that rest on the latest achievements of science and technology, professional, highly qualified and united team, unique production base, the resources, efficient managerial strategy all that forms the platform for the success and continuous development. The JSC "MOTOR SICH" has been involved in the development of products for civil purposes starting from the mid-60ies of the last century. At that time, aircraft gas-turbine engines with expired service life were used. Later on updated gas-turbine drives were developed and their modifications are operated at the present time. From the start of production activities the company manufactured about 3000 power plants based on the latest achievements of science and technology for that time. Undoubtedly, the operation of gas turbine plants results in physical and moral wear of the components, therefore, the present-time modernization process is an efficient and sparing method of the restoration of the functional state of constituent units that allows us to extent the service life of the product, improve its technical and operating characteristics and also ecological indices.

Key words: gas-turbine plant, double –fuel drive, heat power system, gearless system, and spacer sleeves.

Введение

Акционерное общество «МОТОР СИЧ» – современное многопрофильное наукоемкое предприятие по разработке и производству современных газотурбинных двигателей и энергетических установок. АО «МОТОР СИЧ» предлагает заказчикам самые современные промышленные газотурбинные приводы, газотурбинные электростанции, газоперекачивающие агрегаты нового поколения и теплоэнергетические комплексы.

В настоящее время на предприятиях «МОТОР СИЧ» серийно выпускаются газотурбинные электростанции ПАЭС-2500, ЭГ6000, ЭГ7000 различной модификации, имеется документация и опыт изготовления газоперекачивающих агрегатов.

С целью сохранения и расширения позиций на рынке газотурбинных электростанций и газоперекачивающих агрегатов АО «МОТОР СИЧ», с одной стороны, постоянно модернизирует серийно выпускаемые энергетические установки, а с

другой – проводит работы по созданию и освоению новых их образцов.

Работы осуществляются на основании результатов постоянного мониторинга эксплуатации газотурбинных электростанций и газоперекачивающих агрегатов с учетом последних достижений науки и техники, последних тенденций в развитии газотурбинных технологий, а также на основании результатов систематизации и анализа требований и пожеланий потенциальных заказчиков.

С момента начала изготовления, на предприятии выпущено несколько тысяч экземпляров газотурбинных установок, значительное количество которых в настоящее время практически исчерпало свой ресурс. Экономически целесообразным методом восстановления работоспособности и повышения эффективности использования установок является модернизация агрегатов, входящих в состав установок. При этом достигается не только увеличение ресурса, но и повышаются технические и эксплуатационные характеристики, улучшаются экологические показатели.

Цель работы

Целью статьи является ознакомление широкого круга читателей с уровнем разработок и техническими возможностями АО «МОТОР СИЧ» в изготовлении, модернизации и реконструкции энергетических установок собственного изготовления. Для этого предлагается: 1) выполнить анализ существующих энергоустановок производства АО «МОТОР СИЧ»; 2) ознакомить с уровнем новых разработок; 3) описать технические возможности модификации и реконструкции энергетических установок производства АО «МОТОР СИЧ».

В настоящее время предприятие ведет работы над безредукторной системой передачи крутящего момента от привода к генератору, что способствует повышению надежности, увеличению общего КПД установки, сокращением затрат на ремонт, техническое обслуживание энергопривода.

1 Серийные энергоустановки производства АО «МОТОР СИЧ»

В настоящее время закончена очередная модернизация и освоено производство электростанции «Мотор Сич ПАЭС-2500Г-Т10500/6300» с газотурбинным приводом ГТЭ-МС-2,5, являющейся преемницей множества модификаций электростанций мощностью 2,5 МВт, с приводом «ГТЭ-МС-2,5», изготавливавшихся в течение последних десятилетий.

Разработана конструкторская документация, прошел испытания опытный образец двухтопливной электростанции «Мотор Сич ПАЭС-2500Д», который с августа 2014 года успешно работает в эксплуатации. В этой электростанции применяется газотурбинный привод ГТЭ-МС-2,5Д номинальной мощностью 2,5 МВт, работающий на газообразном или жидком топливе, а также на их смеси, с возможностью перехода по команде оператора с одного топлива на другое без снятия нагрузки и останова электростанции.

При поддержке государства, выполняя положения «Комплексной программы энергосбережения Украины», предприятием был осуществлен проект по созданию когенерационной энергосберегающей установки «Теплоэнергетический комплекс-3» (ТЭК-3).

ТЭК-3 включает в себя газотурбинную электростанцию производства АО «МОТОР СИЧ», которая вырабатывает электроэнергию мощностью 2,5 МВт и котел-утилизатор тепловой мощностью до 5,6 Гкал/час. Комплекс изготовлен и запущен в эксплуатацию на промплощадке предприятия. Произведенная ТЭК-3 тепловая энергия используется для нагрева теплоносителя в сети горячего водоснабжения жилищного массива и объектов АО «МОТОР СИЧ», а сравнительно дешевая электрэнергия – для обеспечения внутренних техно-

логических нужд завода.

Мировой опыт показывает, что когенерационные комплексы, как элементы «малой энергетики», наиболее эффективны в решении энергетических проблем.

АО «МОТОР СИЧ» при разработке и изготовлении теплоэнергетического комплекса ТЭК-3 занималось решением проблем предприятий и городов в круглогодичном и круглосуточном производстве сравнительно дешевой электрической и тепловой энергий, компенсации пиковых нагрузок и утилизации продуктов сгорания. В настоящее время эти и подобные комплексы могут стать массовыми, как наиболее отвечающие современным требованиям энергосбережения в промышленности и социальной сфере.

Технические, а особенно экологические параметры ТЭК-3 позволяют использовать их не только на промышленных объектах, но и в жилых массивах микрорайонов городов, районных центрах, в том числе в составе существующих котельных жилищно-коммунальных хозяйств (ЖКХ). Уровень экологических показателей отвечает международным нормам [1, С. 22].

На сегодняшний день реализовано более 3000 газотурбинных электростанций ПАЭС-2500 различных модификаций, в условиях эксплуатации некоторые из них уже работают в составе теплоэнергетических комплексов.

Строительство подобных установок не требует значительных капиталовложений. Стоимость одного кВт установленной мощности составляет 500–1000\$, в то время, как для атомной электростанции эти затраты составляют 3000–4000\$ с перспективой будущей проблемы утилизации. Кроме того, бесспорным преимуществом когенерационных установок является возможность их внедрения на базе любых существующих котельных, малый срок введения в эксплуатацию и окупаемости вложенных средств.

В результате расположения непосредственной близости к потребителю, исчезает проблема потерь энергии в сетях электропередач и теплоснабжения.

Проект ТЭК-3 признан инновационным, о чем получено заключение Украинского государственного центра научно-технических и инновационных экспертиз. Срок окупаемости данного комплекса при работе на номинальном режиме составляет около 4 лет.

Используя опыт внедрения проекта ТЭК-3, специалистами АО «МОТОР СИЧ» был разработан ряд технических предложений с использованием энергосберегающих технологий, среди которых когенерационный комплекс на базе газотурбинной электростанции «МОТОР СИЧ ЭГ 6000» (ТЭК-6), который позволил бы получать до 6,06 МВт электрической энергии и до 9 Гкал/час тепла.

Когенерационные установки на базе газотурбинной электростанции ЭГ6000 мощностью 6 МВт с 2004 года на ГТЭС «Игольская» Томской обл. обеспечивают горячее водоснабжение и отопление поселка нефтяников.

С 2005 года в составе мини-ТЭЦ «Северная» г. Гродно (республика Беларусь) успешно эксплуатируется газотурбинная электростанция ЭГ6000, обеспечивающая электроэнергией и теплом жилой микрорайон.

2 Новые разработки АО «МОТОР СИЧ»

1) МС-10000-Э

На основании опыта изготовления и эксплуатации газотурбинного привода АИ336-2-10 с оборотами турбины 6500 и 4200 об/мин в составе газоперекачивающих агрегатов, было принято решение разработать и изготовить газотурбинную электростанцию электрической мощностью 8 МВт с использованием привода номинальной мощностью 10 МВт и оборотами свободной турбины 3000 об/мин и турбогенератора с такими же оборотами ротора, что не требует использования редуктора. На рис. 1 изображен общий вид электростанции МС-10000-Э.

В 2016 году подразделениями АО «МОТОР СИЧ» были проведены пробные пуски и испытание опытного образца газотурбинной электростанции (ГТЭ) ЭГ8000 МС и газотурбинного привода (ГТП) ГТЭ-8,3/МС. При выполнении испытаний была определена возможность повышения мощности привода. Были выполнены работы по модернизации, что привело к значительному улучшению технических характеристик подтвержденных полученными в результате испытаний параметрами. Итогом работ стало создание на базе ЭГ8000 МС новой ГТЭ номинальной мощностью 10 МВт названной МС-10000-Э.

Электростанция МС-10000-Э сохранила преимущества конструкции ЭГ8000 МС: безредукторную схему передачи крутящего момента, модульную конструкцию, высокие показатели экономической и топливной эффективности, при этом габаритные размеры и масса нового изделия не отличаются от прототипа.

Использованные в конструкции МС-10000-Э решения позволившие добиться высоких технических и эксплуатационных характеристик, а также неизменно высокое качество изделий АО «МОТОР СИЧ» дают основания считать, что новая электростанция займет свою нишу на энергетическом рынке.

Проведенные испытания позволяют рассмотреть вопрос разработки безредукторной электростанции ЭГ-7000 и электростанций семейства ЭГ-6000. Технические характеристики указаны в табл. 1.

Таблица 1 – Технические характеристики ГТЭ МС-10000-Э

Параметр	Величина
Номинальная базовая мощность (в стационарных условиях), кВт	10000
Максимальная мощность, кВт	12000
Род тока	переменный, трехфазный
Частота тока, Гц	50/60
Номинальное напряжение, В	6300
Вид топлива	природный (попутный нефтяной) газ
Расход топливного газа при номинальной нагрузке с учетом потерь во входном и выходном устройствах, кг/ч	1870
КПД ГТП в условиях 150, %	32,5
Габаритные размеры (в собранном состоянии), м:	
– длина, не более	20
– ширина, не более	11,5
– высота, не более	13,3
Масса полного комплекта, т	95

2) Газотурбинная установка «МОТОР СИЧ ГТЭ-12»

Газотурбинная установка «МОТОР СИЧ ГТЭ-12» номинальной мощностью 12 МВт создается на базе модулей газотурбинной электростанции ЭГ 6000, в составе которой используется ГТП ГТЭ-8МС-Э мощностью 8 МВт (модификация газотурбинного двигателя АИ-336 [2, С. 40, табл. 1.5]). Данная схема предусматривает использование одного генератора мощностью 12 МВт приводимого во вращение одновременно двумя ГТП ГТЭ-8МС-Э (левого и правого вращения вала свободной турбины), расположенными на одной оси вращения. Модульность конструкции позволяет выполнить доставку узлов и агрегатов в самые отдаленные места на земном шаре и выполнить сборку в кратчайшие сроки на месте эксплуатации.

Технические характеристики газотурбинной установки указаны в табл. 2, а компоновка – на рис. 2. Установка состоит из пяти модулей и пяти блоков:

– модуль ГТП левого вращения, в состав которого входит газотурбинный привод (левого вращения ротора свободной турбины), выходное устройство, редуктор, системы обеспечения работы привода (система топливопитания, система смазки, система охлаждения статора свободной турбины, система обогрева и вентиляции модуля);

– модуль ГТП правого вращения, в состав которого входит газотурбинный привод (правого вращения ротора свободной турбины), выходное устройство, редуктор, системы обеспечения работы привода (система топливопитания, система смазки, система охлаждения статора свободной

турбины, система обогрева и вентиляции модуля);
 – модуль генератора, в состав которого входит генератор мощностью 12 МВт, две спейсерные муфты типа SSS, система смазки, система вентиляции и обогрева.

Применение спейсерных муфт – это инновационное решение для данного проекта, позволит расширить диапазон вырабатываемой мощности установки от 2000 кВт (кратковременно) до 12000 кВт.



Рис. 1 – Электростанция MS-10000-Э на испытательном стенде

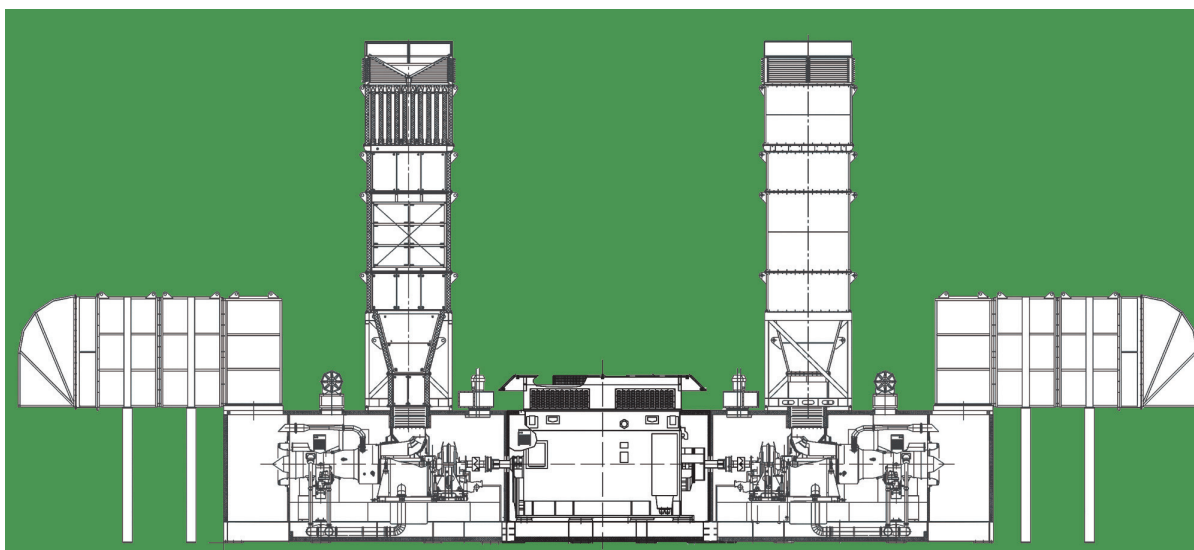


Рис. 2 – Схема размещения оборудования в ГТЭ MS-10000-Э

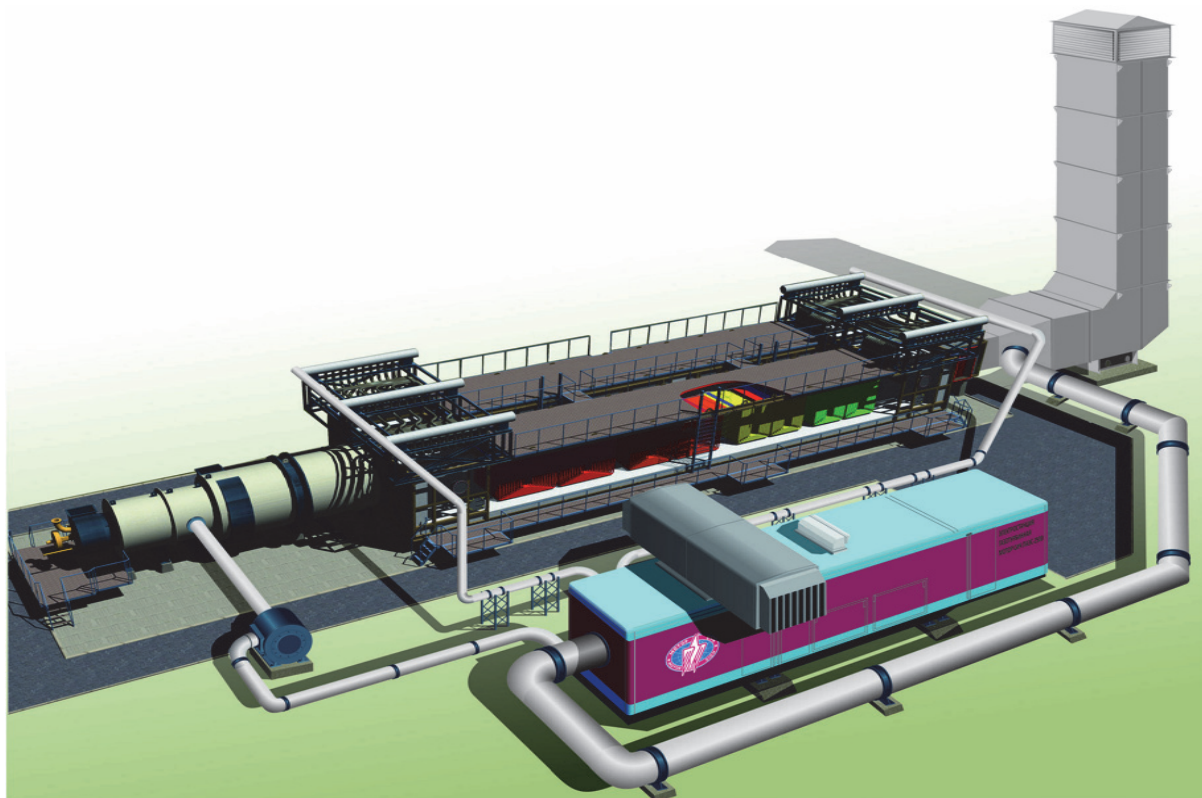


Рис. 3 – Вариант исполнения ГТЭ УВС

– модуль кабины управления и охлаждения масла, в котором расположена маслосистема газотурбинного привода левого вращения с системами охлаждения масла, шкафы низковольтного оборудования;

– модуль кабины силовой и охлаждения масла, в котором расположена маслосистема газотурбинного привода правого вращения с системами охлаждения масла, шкафы высоковольтного оборудования;

- два блока комплексной очистки воздуха;
- два блока шумоглушителей выхлопа;
- блок рециркуляции генератора.

3) ГТЭУ ВС 2,5МС

В настоящее время специалисты АО «МОТОР СИЧ» работают над проектом качественно нового энергетического комплекса, использующего в качестве топлива различные малокалорийные газы, уголь, углеводородные твердые бытовые отходы и отходы хозяйственной деятельности.

На рис. 3 показан вариант исполнения газотурбинной установки с внешнего сгорания ГТЭ УВС.

Таблица 2 – Технические характеристики ГТЭ МС-10000-Э

Параметр	Величина
Мощность (2 ГТП/1 ГТП), кВт:	
– номинальная	12000/6000
– максимальная	12600/6300
Род тока	переменный, трехфазный
Напряжение, В	6300/10500
Частота тока, Гц	50/60
Топлива	природный (попутный нефтяной) газ
Эффективный КПД, %, не менее	29,8
Габаритные размеры, м:	
– длина, не более	40
– ширина	11
– высота	12
Масса, кг, не более	125000

3 Модернизация электростанций в условиях эксплуатации

Одним из видов работ, предлагаемых АО «МОТОР СИЧ» эксплуатирующим организациям является модернизация электростанций в условиях эксплуатации. Так, для модернизации электростанций ПАЭС-2500Г в условиях эксплуатации предлагается следующий объем доработок:

- 1) Замена существующей топливотрегули-

рующей аппаратуры двигателя на аппаратуру, управляемую цифровой системой регулирования и управления ГТД, что предусматривает:

а) для обеспечения топливопитания и регулирования двигателя вместо регулятора РПГ-20 устанавливается дозатор топлива ДТ-25-12-10, что позволяет повысить точность регулирования оборотов ГТП с $\pm 1,0\%$ до $\pm 0,4\%$;

б) для измерения мощности ГТП и обеспечения работы регулятора оборотов со статизмом устанавливается измерительный преобразователь мощности или измерительный преобразователь давления масла измерителя крутящего момента ГТД;

в) на лобовом картере устанавливается датчик замера температуры воздуха на входе в компрессор П-109, при этом выполняется доработка корпуса лобового картера;

г) устанавливается электронная система управления расходом газообразного топлива ГТД АИ-20 электростанции – система регулирования подачи топлива (СРПТ), которая предназначена для автоматического регулирования подачи топлива и поддержания номинальной частоты вращения ротора ГТД при изменении нагрузки синхронного генератора.

СРПТ выполняет следующие управляющие функции:

– обеспечивает дозирование топлива в камеру сгорания на режимах поддержания номинальной частоты вращения ротора двигателя (12300 + 90 об/мин) и на режимах сброса/наброса нагрузки;

– поддержание частоты вращения в соответствии с заданным статизмом, изменяемым в пределах от 0 до 6 %;

– обеспечивает выходной сигнал о своей работоспособности по результатам работы диагностической программы.

2) Установка на двигателе храповой обгонной муфты центробежного типа.

Вместо существующего привода стартер-генератора (СТГ) в коробку приводов двигателя устанавливается вновь разработанный привод СТГ с храповой обгонной муфтой центробежного типа.

Применение обгонной муфты значительно экономит ресурс СТГ и его щёток, увеличивает продолжительность безостановочной работы электростанции (с 500 часов до 1000 часов) и уменьшает, в связи с этим, трудозатраты на обслуживание электростанции, но из-за исключения генераторного режима работы СТГ, требует применения источника питания (выпрямителя) 24 В, мощностью 3 кВт.

3) Установка блока масляных фильтров тонкой очистки, обеспечивающего чистоту фильтрации 10 мкм смазочного масла, отработанного в двигателе, чем повышается ресурс смазываемых деталей и сборочных единиц двигателя.

4) Применение валопровода с фрикционной

муфтой, предназначенного для защиты двигателя от перегрузок и ударных нагрузок, которые возникают в процессе эксплуатации (например, при КЗ), что достигается проскальзыванием ведущих и ведомых дисков фрикционной муфты, при возрастании крутящего момента до величин, превышающих величины настройки муфты.

5) Замена существующего автоматического регулятора возбуждения РВА-62 на устройство системы возбуждения УСВ АРВ-ПАЭС-2500, которое может быть изготовлено как автономная система возбуждения, так и как совмещенная система с системой управления оборотами ГТП. Основная функция УСВ – поддержание действующего значения напряжения на выводах статора генератора в соответствии с заданной уставкой с точностью $\pm 0,5\%$ относительно заданной статической характеристики.

6) Установка оборудования устройства автоматического переключения питания 380/220 В, 50 Гц от внешнего источника на трансформатор собственных нужд электростанции.

7) Замена существующей системы контроля уровня вибраций (ИВ-41М) на комплект виброизмерительных преобразователей (ВИП-301), в который входят два пьезоэлектрических датчика вибрации (МВ-46 и МВ-43), два дифференциальных усилителя заряда (ДУ МВ-46, ДУ МВ-43), два преобразователя вибрации (ПВ-301, ПВ-301/2) и контроллер (в составе СРПТ). Датчик МВ-46 устанавливается на двигателе, а датчик МВ-43 – на генераторе.

8) Установка системы шумоглушения электростанции.

Шумоглушитель выхлопа газотурбинного привода и шумоглушитель всаса воздушного потока располагаются в двух разных плоскостях и на разных уровнях, что исключает попадание выхлопных газов, имеющих высокую температуру, в шумоглушитель всаса.

Шумоглушитель выхлопа газотурбинного привода имеет две ступени шумоглушения, что обеспечивает повышение эффективности шумоглушения на выходе без увеличения габаритов электростанции.

Шумоглушитель всаса обеспечивает снижение уровня шума всасывания с эффектом воздухоочистки за счет того, что:

а) забор воздуха производится на входе в двигатель на высоте 2,5 м;

б) попадание посторонних предметов исключается сеткой установленной на входе в шумоглушитель;

в) повороты потока в каналах шумоглушения задерживают мелкую пыль.

Выводы

Новейшие разработки АО «МОТОР СИЧ» указывают на высокий потенциал предприятия, а

применение новейших достижений обеспечивает конкурентоспособность продукции. Наряду с новыми разработками, эффективность применения модернизации существующих электростанций экономит потребителю значительные средства, по сравнению с приобретением новых изделий.

Список литературы

- 1 **Гриценко Е. А.** Конвертирование авиационных ГТД в газотурбинные установки наземного применения / **Е. А. Гриценко, В. П. Данильченко, С. В. Лукачев, В. Е. Резник, Ю. И. Цыбизов.** – Самара : СНЦ РАН, 2004. – 266 с. : ил.
- 2 **Васильев, Б. П.** Основы проектирования газотурбинных двигателей и установок / **Б. П. Васильев,**

В. А. Коваль, В. В. Канаков, Г. В. Павленко, В. В. Романов. – Харьков, 2005. – 375 с.

Bibliography (transliterated)

- 1 **Gricenko, E. A., Danil'chenko, V. P., Lukachev, S. V., Reznik, V. E. and Yu.I. Tsy'bizov.** (2004), *Konvertirovanie aviacionny'kh GTD v gazoturbiny'e ustanovki nazemnogo primeneniiia* [Converting of aviation gazo-turbine engines in gazo-turbine installations of land application], SNTC RAN, Samara, Russian.
- 2 **Vasil'ev, B. P., Koval', V. A., Kanakov, V. V., Pavlenko, G. V. and Romanov, V. V.** (2005), *Bases of designing of gazo-turbine engines and installations*, Kharkov, Ukraine.

Сведения об авторах (About authors)

Морозов Валерий Иванович – главный конструктор, начальник УЭУиГПА АО «МОТОР СИЧ», г. Запорожье, Украина; ueugra@motorsich.com.

Morozov Valerii Ivanovich - The chief designer, chief UEUiGPA joint-stock company "MOTOR SICH", Zaporizhzhya, Ukraine.

Митин Владимир Петрович – заместитель главного конструктора УЭУиГПА АО «МОТОР СИЧ», г. Запорожье, Украина; ueugra@motorsich.com.

Mitin Vladimir Petrovich - The assistant to chief designer UEUiGPA joint-stock company "MOTOR SICH", Zaporizhzhya, Ukraine.

Билошапка Сергей Владимирович – ведущий конструктор УЭУиГПА АО «МОТОР СИЧ», г. Запорожье, Украина; ueugra@motorsich.com.

Biloshapka Serhii Volodymirovich – Leading designer UEUiGPA joint-stock company "MOTOR SICH", Zaporizhzhya, Ukraine.

Богуслаев Вячеслав Александрович – доктор технических наук, профессор, президент АО «МОТОР СИЧ», г. Запорожье, Украина; www.motorsich.com.

Boguslaev Vyacheslav Alexandrovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, President of joint-stock company "MOTOR SICH", Zaporizhzhya, Ukraine.

Жеманюк Павел Дмитриевич – кандидат технических наук, технический директор АО «МОТОР СИЧ», г. Запорожье, Украина; www.motorsich.com.

Zhemaniuk Pavel Dmitrievich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Technical director of joint-stock company "MOTOR SICH", Zaporizhzhya, Ukraine.

Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Богуслаев, В. А. Модернизация и реконструкция энергетических установок / **В. А. Богуслаев, П. Д. Жеманюк, В. И. Морозов, В. П. Митин, С. В. Билошапка** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХП», 2017. – № 8(1230). – С. 69–75. – Бібліогр.: 2 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2017.08.10.

Please cite this article as:

Boguslaev, V. A., Zhemaniuk, P. D., Morozov, V. I., Mitin, V. P. and Biloshapka, S. V. (2016), "Power Plant Modernization and Reconstruction", *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, No. 8(1230), pp. 69–75, ISSN 2078-774X, doi: 10.20998/2078-774X.2017.08.10.

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Богуслаєв, В. А. Модернізація і реконструкція енергетичних установок / **В. А. Богуслаєв, П. Д. Жеманюк, В. І. Морозов, В. П. Мігін, С. В. Білошапка** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХП», 2017. – № 8(1230). – С. 69–75. – Бібліогр.: 2 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2017.08.10.

АНОТАЦІЯ Розглядаються варіанти створення модифікованих газотурбінних установок на базі раніше розроблених серійних блоків та агрегатів. Протягом часу при експлуатації газотурбінних установок відбувається знос складових. Процес модернізації, на теперішній час, є ефективним та економічним методом відновлення працездатного стану вхідних агрегатів, за яким досягаються збільшення ресурсу виробу, збільшуються його технічні та експлуатаційні характеристики, покращуються екологічні показники.

Ключові слова: газотурбінна установка, двопалевний привід, теплоенергетичний комплекс, без редукторна система, спейсерні муфти.

Поступила (received) 08.02.2017