



**Рыжков
Сергей Сергеевич**
Ректор НУК



**Чернова
Любава
Сергеевна**
аспирант

РЕШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИВЕРСИФИКАЦИИ РЫНКОВ СБЫТА ПРОДУКЦИИ ГП НПКГ «ЗОРЯ» – «МАШПРОЕКТ»

В предыдущих статьях (SMI #1, #2, 2015) был дан анализ ситуации сложившейся в регионах мирового рынка продаж газотурбинной техники (кроме России) и оценены возможности предприятия «Зоря»–«Машпроект» по их освоению. Однако знание ситуации на рынках продаж является недостаточным фактором, чтобы выйти на них. Главным условием для этого является наличие у комплекса конкурентоспособной продукции, отвечающей всем запросам рынка.

В настоящей статье представлены основные направления деятельности ГП НПКГ «Зоря»–«Машпроект» на краткосрочную перспективу, по которым в данное время ведутся опытно-конструкторские и доводочные работы на серийных и опытных изделиях, а также перспективные работы, перечень которых основан на маркетинговых исследованиях потребности рынка в газотурбинных установках.

Учитывая динамику развития газотурбостроения в мире, а также постоянное совершенствование конструкций и параметров ГТД ведущими двигателестроительными компаниями, в представленном обзоре нашли отражение научно-исследовательские работы и организационно-технические мероприятия, которые должны внедряться на предприятии параллельно с основными работами по выпуску новых изделий и доводке серийных.

Работы и мероприятия представлены по направлениям:

- Совершенствование серийно выпускаемой продукции;
- Перспективные разработки.

В настоящем обзоре представлены работы по первому направлению.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕРИЙНО ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

В процессе длительной эксплуатации серийных газотурбинных двигателей на компрессорных станциях или электростанциях были выявлены определенные недостатки конструктивного характера, которые не были выявлены во время

опытно-доводочных работ. На протяжении последних лет на предприятии была проведена большая работа по разработке соответствующих программ повышения надежности серийных двигателей. В результате данной работы на опытных и серийных двигателях были отработаны новые конструктивные решения, направленные на повышение надежности как узлов, так и двигателей в целом, достаточность которых нашла свое подтверждение в длительной наработке серийных изделий на объектах эксплуатации.

В настоящее время на разной стадии проверки эффективности и внедрения находится целый ряд конструкторско-технологических решений относящийся к различным двигателям. При этом, надо отметить, что практически по всем дефектам или отказам, проявившимся в эксплуатации, были разработаны соответствующие корректирующие мероприятия, направленные на устранение недостатков.

Наибольшее внимание на предприятии уделялось решению проблемных вопросов по ГТД мощностью 25 МВт, который на данный момент является самым продаваемым и прибыльным продуктом предприятия. Однако его надежность не выдерживает конкуренции в сравнении с аналогичными двигателями иностранных фирм Дженерал Электрик, Сименс и Прайт-Уитни. Некоторые двигатели выходили из строя не выработав заданный ресурс, что вызывало нареkanie Заказчиков.

Большие проблемы с обеспечением стабильности характеристик в процессе длительной эксплуатации двигателей UGT8000 в Болгарии (КС Кардам) и в Туркменистане (ДКС Найып) показали на необходимость неотложного разрешения вопросов повышения надежности и этого двигателя. Вместе с тем следует отметить, что проблема доведения данного двигателя до требуемых характеристик по надежности в основном связана с недостатком информации из эксплуатации, что затрудняет внедрение мероприятий по повышению его надежности.

Еще одной из серьезных задач, которая встала последнее время перед пред-

приятием, это обеспечение надежной и длительной работы камер сгорания серийных двигателей 16 и 25 МВт на двух видах топлива — жидком и газообразном. И это в первую очередь относится к модификациям двигателей UGT 15000 поставленным в Иран, и к UGT 25000 поставленным в Гану. Для повышения надежности двухтопливных камер сгорания и камер сгорания, работающих на тяжелых видах жидкого топлива разработаны конструктивные решения, которые проходят отработку с середины 2013 года на серийных двигателях.

Конкурентная среда по надежности двигателей:

Ресурсные показатели зарубежных ГТД
(авиационные для наземного применения)

Двигатели	Компания	Ресурс до капитального ремонта, ч	Полный ресурс, ч
501-K, 601-K	R-R	25 000	100 000
LM1600, LM2500 LM6000, LMS100	GE	40 000	160 000
FT8	P&W	50 000	240 000

Ресурсные показатели двигателей ГП НПКГ «Зоря»–«Машпроект»

Двигатели	Ресурс до капитального ремонта, ч	Полный ресурс, ч
UGT 6000, 8000, 10000	25 000	100 000
UGT 25000, 45000–60000	25 000	100 000
UGT 15000, 5000, 32000	33 000	100 000

Приоритет решения вопросов по повышению надежности серийных двигателей следующий:

1.1. Совершенствование ГТД UGT 25000 всех модификаций с целью повышения надежности и обеспечения заданного ресурса;

1.2. Модернизация двухтопливного ГТД UGT 15000 для достижения улучшенных экологических показателей и повышения надежности;

1.3. Модернизация двухтопливного ГТД UGT 25000 для достижения улучшенных экологических показателей и повышения надежности;

1.4. Доводка двигателя UGT 8000 номинальной мощностью 8 МВт;

1.5. Совершенствование UGT 10000 с целью повышения надежности и ресурса;

1.6. Повышение ресурсных показателей КС двигателя UGT 25000 на тяжелых видах жидкого топлива.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГТД UGT 25000 ВСЕХ МОДИФИКАЦИЙ.

Цель: повышение надежности для обеспечения заданного ресурса на первом этапе работ и повышение ресурса до уровня лидерных аналогов ведущих газотурбостроительных фирм на втором этапе работ.

Текущее состояние: Изготовлено около 300 двигателей всех модификаций (90 % двигателей работают на магистральных газопроводах).

Основной объем работ:

1. Модернизация передней опоры турбокомпрессора низкого давления;

2. Упрочнение лопаток 3-й и 4-й ступеней компрессора низкого давления;

3. Создание новой рабочей лопатки турбины высокого давления с улучшенной системой охлаждения;

4. Оптимизация турбины низкого давления;

5. Оптимизация переходника между турбинами низкого давления и силовой;

6. Обеспечение газоплотности фланцевых соединений.

Справка: На середину 2015 года 50 % мероприятий уже внедрено в серию, а оставшиеся 50 % мероприятий находятся на разной стадии доводки с окончанием большей части из них до конца 2015 года.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ДВУХТОПЛИВНОГО ГТД UGT 15000 ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ УЛУЧШЕННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ

Цель: модернизация двухтопливного ГТД UGT 15000 для снижения эмиссии NO_x и CO , расширение диапазона применяемых дизельных топлив, сокращение времени и увеличение диапазона рабочих режимов для перехода с одного вида топлива на другой (требование для добывающих платформ) повышение надежности работы систем и двигателя в целом.

Текущее состояние: Изготовлено 7 двухтопливных двигателей UGT 15000.

Дальнейшее совершенствование двухтопливного двигателя UGT 15000 предполагает снижение уровня вредных выбросов почти в 2 раза, а также сокращение времени перехода с одного топлива на другое до 30 секунд. Последнее условие является важным при поставке двухтопливных двигателей различной мощности на буровые платформы.

Общий объем работ разбит на два этапа. На первом этапе предполагается выполнить работы по улучшению эксплуатационных характеристик существующей КС в части модернизации топливных форсунок и систем подачи воздуха от внешнего источника и подачи промывочной жидкости для обеспечения минимального времени перехода с одного вида топлива на другое.

Второй этап заключается в улучшении экологических характеристик с использованием жаровых труб с принципом горения RQL или «богато-бедной» смеси и конвективной системой охлаждения ЖТ.

В таблице 1 приведены уровни диапазонов характеристик двухтопливных ГТД UGT 15000 достигнутый и планируемый.

Необходимый объем работ:

1. Улучшение эксплуатационных характеристик существующей КС:

Таблица 1. Уровни диапазонов характеристик двухтопливных ГТД UGT 15000.

Наименование и размерность улучшаемого параметра	Значение параметра	
	достигнуто	планируется
Диапазон относительных мощностей, при котором возможен переход с одного вида топлива на другой	от 0,16 до 0,9	от 0,05 до 0,9
Время перехода с одного вида топлива на топлива на другой, с	от 180 до 210	30
Эмиссия окислов азота, приведенная к 15 % кислорода, на режиме максимальной мощности:		
– природный газ, мг/нм ³	700	250
– жидкое топливо, мг/нм ³	900	400

1.1. Разработка топливных форсунок, систем подачи воздуха и промывочной жидкости в КС ГТД;

1.2. Изготовление 2-х форсунок и 2-х жаровых труб для выполнения доводочных работ;

1.3. Проведение испытаний и доводка узлов камеры сгорания с подачей воздуха от внешнего источника и промывочной жидкости;

1.4. Изготовление головного образца ГТД для выполнения доводочных работ;

1.5. Испытание и доводка головного образца ГТД;

1.6. Авторское сопровождение и контроль эксплуатации лидерных ГТД.

2. Улучшение экологических характеристик

2.1. Разработка жаровой трубы с принципом горения «богато-бедной» смеси и конвективной системы охлаждения.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ДВУХТОПЛИВНОГО ГТД UGT 25000 ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ УЛУЧШЕННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ

Цель: модернизация ГТД UGT25000 для снижения эмиссии NO_x и CO, расширение диапазона применяемых дизельных топлив, сокращение времени и увеличение диапазона рабочих режимов для перехода с одного вида топлива на другой (требование для добывающих платформ) повышение надежности работы систем и двигателя в целом.

Текущее состояние: изготовлено 8 двигателей и 1 газогенератор

Работы в данном направлении на UGT 25000 полностью перекликаются с работами на ГТД UGT 15000 (см. Таблицу 2). Поэтому достигнутые решения на

двигателе UGT15000 можно будет внедрять уже с большей уверенностью на двигателе UGT 25000.

Необходимый объем работ:

1. Улучшение эксплуатационных характеристик существующей КС:

1.1. Разработка топливных форсунок, систем подачи воздуха и промывочной жидкости в КС ГТД;

1.2. Изготовление 2-х форсунок и 2-х жаровых труб;

1.3. Проведение испытаний и доводка узлов камеры сгорания с подачей воздуха от внешнего источника и промывочной жидкости;

1.4. Изготовление головного образца ГТД для выполнения доводочных работ;

1.5. Испытание и доводка головного образца ГТД;

1.6. Авторское сопровождение и контроль эксплуатации лидерных ГТД.

2. Улучшение экологических характеристик

2.1. Разработка жаровой трубы с принципом горения «богато-бедной» смеси и конвективной системы охлаждения.

ДОВОДКА ДВИГАТЕЛЯ UGT8000 НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ 8 МВт

Цель: Доводка двигателя мощностью 8 МВт для работы в составе ГПА.

Текущее состояние: Доводку проблемных узлов предполагается осуществить на опытном двигателе. Проверка модернизационных мероприятий будет выполняться на двигателях UGT 8000 поступающих на предприятие для выполнения ремонта.

Необходимый объем работ:

1. Проведение испытаний с последующей корректировкой в части:

Таблица 2. Уровни диапазонов характеристик двухтопливных ГТД UGT 25000.

Наименование и размерность улучшаемого параметра	Значение параметра	
	достигнуто	планируется
Диапазон относительных мощностей, при котором возможен переход с одного вида топлива на другой	от 0,16 до 0,9	от 0,05 до 0,9
Время перехода с одного вида топлива на топлива на другой, с	от 180 до 210	30
Эмиссия окислов азота, приведенная к 15 % кислорода, на режиме максимальной мощности:		
– природный газ, мг/нм ³	600	250
– жидкое топливо, мг/нм ³	900	400

- доработки системы подпора масляных полостей переходника и ПК КНД;
 - доработки системы смазки для исключения выбросов масла;
 - доработки системы охлаждения вставок ТВД и торцов РЛ ТВД;
 - доводки КС.
2. Изготовление матчасти;
 3. Испытания по проверке эффективности принятых решений.
 4. Внедрение мероприятий в серийные двигатели

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ UGT10000 С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И РЕСУРСА

Цель: Создание двигателя мощностью 10 МВт для работы в составе ГПА.

Текущее состояние:

Изготовлены 3 ГТД UGT10000 (№1-опытный, №2-КС «Кировоградская» и №3-КС «Ромны», Украина).

Доводка ГТД осуществляется на опытном двигателе со следующими конструктивными особенностями: газогенератор собран с вновь изготовленным ТКВД; новый кожух КС без горизонтального разъёма; конус силовой, корпус силовой и корпус задний с утолщёнными фланцами; новые жаровые трубы.

Работы по доводке UGT10000 предполагают также выполнение комплекса работ для обеспечения возможности эксплуатации двигателя при температуре +25 °С с сохранением номинальной мощности 10 МВт.

Необходимый объем работ:

1. Доработка камеры сгорания в обеспечение заявленных экологических характеристик при приемлемом уровне пульсации давления воздуха и температурного поля в КС;
2. Изменение системы смазки для исключения выбросов масла;
3. Изменение конструкции СА ТВД;
4. Доводка системы охлаждения вставок ТВД и торцов РЛ ТВД;
5. Доработка ОВ ТС;
6. Испытания по отработке отдельных технических решений;
7. Длительные испытания в объеме не менее 100 часов.

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КС ДВИГАТЕЛЯ UGT25000 НА ТЯЖЕЛЫХ ВИДАХ ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Первый опыт работы ГТД UGT25000 в составе энергоблоков в республике Гана на тяжелых сортах жидкого топлива указал на необходимость модернизации не только горелочных устройств камеры сгорания, но и на создание новой системы подачи воздуха высокого давления от стороннего источника, обеспечивающего лучший распыл жидкого топлива, которое по вязкости отличается от вязкости топлива по контракту.

Создание новой системы подачи воздуха высокого давления потребует подбора соответствующего оборудования и проверки работоспособности камеры сгорания при длительных испытаниях двигателя на водотопливной эмульсии.

Цель: Модернизация камеры сгорания и сопутствующих систем двигателя UGT25000 для работы на топливе Заказчика.

Текущее состояние: Изготовленные 4 ГТД UGT25000 для республики Гана обеспечивают работу на сортах топлива близких по физико-химическим характеристикам к жидкому топливу, оговоренному в контракте. Работа на типах топлива фактически применяемых на объекте эксплуатации требует модернизации КС.

Необходимый объем работ:

1. Разработка жидкотопливной двухканальной форсунки, работающей на водо-топливной эмульсии и обеспечивающей требуемое качество распыла за счет подачи воздуха высокого давления от стороннего источника;
2. Подбор компрессора для обеспечения форсунки воздухом и согласования его работы с системами двигателя;
3. Изготовление форсунки и проведение испытаний;
4. Изготовление элементов и комплектация воздушной системы высокого давления и топливных форсунок для ГТД;
5. Испытания двигателя UGT25000 с новыми форсунками и системой подачи воздуха высокого давления на тяжелых видах топлива, в объеме не менее 100 часов.

Выводы по первому направлению работ.

Для совершенствования серийно выпускаемой продукции на ГП НПКГ необходимо:

1. Обеспечить повышение надежности ГТД мощностью 25 МВт до заданных параметров с внедрением разработанных мероприятий.
2. Обеспечить стабильность параметров и ресурс UGT10000.
3. Разработать и внедрить конструктивные мероприятия на UGT25000 для обеспечения надежной работы КС на тяжелых видах жидкого топлива.

ПРОГНОЗ УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЪЕМА ПРОДАЖ ПРОДУКЦИИ КОМПЛЕКСА ВСЛЕДСТВИЕ УЛУЧШЕНИЯ ЕЕ КАЧЕСТВА ОТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СЕРИЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Положительные результаты усовершенствования серийных изделий должны привести к расширению рынка продаж продукции предприятия по всем направлениям ее применения. В последние годы в связи с удешевлением цен на нефть и газ спрос на ГТД и ГТУ увеличивается и цена на них по данным Gas Turbine World возрастает (рис.1).

За период 2011–2015 г.г. по данным издания Forecast International в мире ежегодно продается 1170-1450 ГТД по всем классам мощностей.

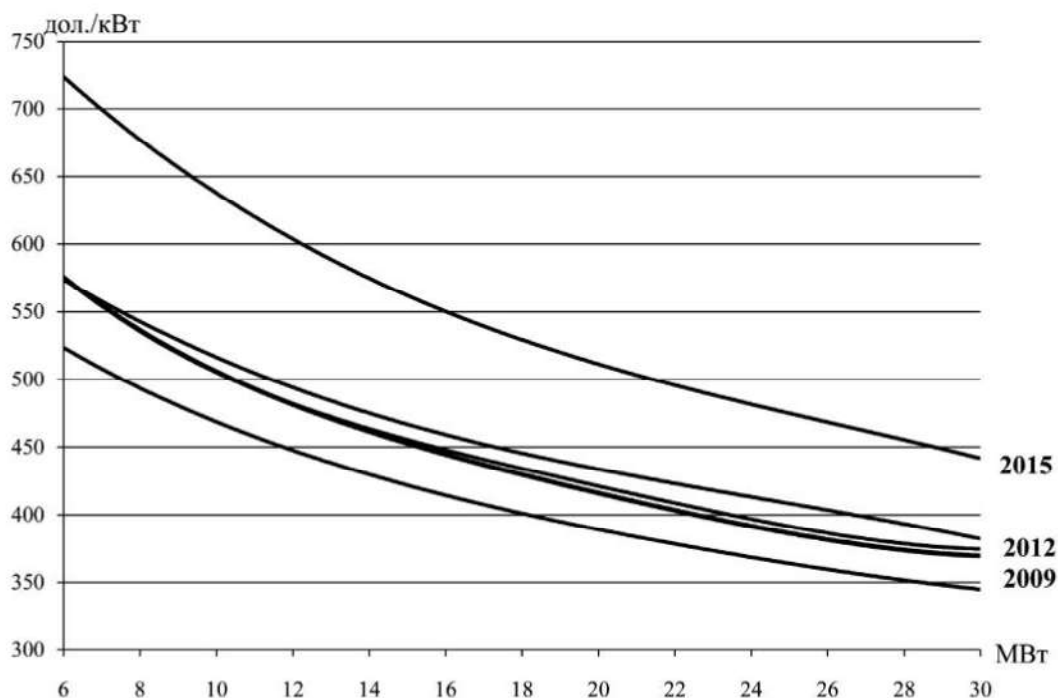


Рис. 1. Удельная цена энергетических ГТУ мощностью 6–30 МВт

ГП НПКГ «Зоря»–«Машпроект» производит и продает в среднем за год 60–100 ГТД, что составляет 5–7% мирового рынка продаж.

Однако, чтобы лучше оценить возможности увеличения объема рынка продаж продукции предприятия необходимо проанализировать сегмент мирового рынка в классе мощности продукции предприятия, то есть 5–27 МВт.

По данным издания Forecast International в этом сегменте рынка состояние в 2011–2015 гг. следующее (таблица 3).

Таким образом, в настоящее время в своем классе мощности предприятие имеет 14,0% продаж по количеству ГТД и 19,48% по мощности (это вызвано тем, что у нас превалирует продажа ГТД мощностью 25 МВт).

Проведенные усовершенствования должны привести к тому, что ГТД комплекса по своим технико-экономическим параметрам и потребительским качествам достигнут уровня лучших мировых образцов, что позволит успешно конкурировать с ними на их рынках как за счет более дешевой цены, так и по параметрам. Исходя из этого можно предположить, что это добавит 16–17% объема продаж, то есть достигнет уровня 17–18% по количеству ГТД и 23–24% по мощности в своем диапазоне мощностей.

Теперь перейдем к стоимостным характеристикам, чтобы увидеть насколько это отразится на объемах продаж.

По данным журнала Gas Turbine Word 2015 справочные удельные цены на двигатели комплекса и другую продукцию в классе мощностей предприятия показаны в таблице 4:

Таблица 3. Состояние рынка продаж ГТД мощностью 5-27 МВт в 2011-2015 гг.

Тип ГТД	Мощность, МВт	Продано ГТД, шт.	Суммарная мощность, МВт	Продано ГТД ГП НПКГ «Зоря»–«Машпроект», шт.	Суммарная мощность ГТД ГП НПКГ «Зоря»–«Машпроект», МВт	% по количеству	% по мощности
UGT 6000	6	715	4290	51	306	7,13	7,13
UGT 10000	10	626	6260	20	200	3,19	3,19
UGT 15000	16	511	8176	90	1440	17,61	17,61
UGT 25000	25	544	13600	174	4350	32,00	32,00
ИТОГО :		2396	32326	335	6296	14,00	19,48

Таблица 4. Удельные цены на ГТД мощностью 5–27 МВт в 2011–2015 гг.

Тип ГТД	Удельная цена ГТД ГП НПКГ «Зоря»–«Машпроект» за 5 лет, дол./кВт	Средний мировой уровень удельных цен за 5 лет, дол./кВт	Мировая удельная цена, 2015 г., дол./кВт
UGT 6000	501	575	725
UGT 10000	472	530	630
UGT 15000	406	460	550
UGT 25000	361	410	490

Таблица 5. Сопоставление удельных справочных и среднерыночных цен на ГТД

Тип ГТД	Продажа ГТД комплекса по удельным справочным ценам, млн дол.		Продажа ГТД по средне- статистическим мировым ценам за 2011–2015 гг.		% к про- дажам комплекса	Продажа ГТД по удель- ным ценам 2015 года		% к про- дажам комплекса
	за 5 лет	за год	за 5 лет	за год		за 5 лет	за год	
UGT 6000	153,306	30,66	175,950	35,190	14,7	221,850	44,37	44,7
UGT 10000	94,400	18,88	106,000	21,200	12,3	126,000	25,20	33,5
UGT 15000	584,640	116,928	662,400	132,480	13,3	792,000	158,400	35,46
UGT 25000	1570,350	314,070	1783,500	356,700	13,5	2131,500	426,300	35,73
ИТОГО:		480,54		545,57	13,5		654,27	36,15

Приведем расчет стоимости проданных ГТД за 2011–2015 гг., а так же сопоставим, на сколько бы увеличился объем продаж предприятия, если бы продукцию продавали по среднемировым за 5 лет ценам и ценам, действующим в 2015 году (таблица 5):

Таким образом, если бы предприятие могло продавать свои серийные двигатели по среднестатистическим мировым ценам за 2011–2015 гг., то объем продаж возрос бы на 13,5 % (без учета скидок, кото-

рые предприятие применяет для некоторых контрактов). Ну и конечно, если в дальнейшем предприятие не снизит установившегося количества продаваемых двигателей и будет продавать их по ценам 2015 года объем продаж может возрасти до 36 %.

Данные расчеты не учитывают возможного увеличения объема продаж продукции предприятия за счет вывода на мировой рынок новых двигателей UGT 5000, UGT 32000 и UGT 45000–60000.



Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ на основе созданной теории контактной прочности

Разработанные зубчатые передачи по сравнению с традиционными характеризуются следующими преимуществами:

- нагрузочная способность данных передач по контактным напряжениям примерно в 1,6...2,3 раза выше традиционных;
- напряжение изгиба ниже вследствие рассеяния нагрузки по большим участкам контакта;

- осуществляется стабилизация формы пятна контакта и избежания кромочного контакта зубьев;

- происходит компенсация деформаций кручения, изгиба, сдвига и т.д. элементов редуктора;

- появляется возможность исключения из конструкций планетарных и псевдопланетарных зубчатых передач компенсирующих устройств;

Модель разработанной
прямошестерни

- использование вместо косозубых и шевронных зубчатых передач прямошестерных передач с точечной π парной системой зацепления зубьев;

- при одинаковой нагрузочной способности зубчатых передач с начальным точечным контактом зубов возможно одновременное снижение веса и габаритов по сравнению с традиционными передачами примерно на 30...40 %

просп. Героев Сталинграда, 9, каб. 455
тел.: +38 (0512) 70-91-13

г. Николаев, Украина, 54025
e-mail: serhiy.serbin@nuos.edu.ua

Подробная информация: nuos.edu.ua/science/