



— ОБЪЕДИНЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ И КОМПОНЕНТОВ

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЦ-ЗАЦЕПЛЕНИЯ

Эксцентриково-циклоидальное зацепление: редукторы, насосы, турбины, компрессоры, приводы и электромашины нового поколения

СОБРАНО В СИСТЕМУ

АО «ОМСК» · ЗАО «Технология Маркет» · ООО «Технология Маркет»

Стратегическое партнёрство · www.ao-omsk.rf · 2026

Инжиниринговый альянс полного цикла

АО «ОМСК» — Объединение Машиностроительных Систем и Компонентов — разрабатывает конструкторскую документацию на редукторы, насосы, приводы, электромоторы и генераторы, турбины, компрессоры и двигатели, производит опытные образцы и серийную продукцию; в составе компании — собственный завод шламовых насосов. Технологическая основа — эксцентриково-циклоидальное (ЭЦ®) зацепление. Работа ведётся в рамках соглашения о стратегическом партнёрстве с разработчиком технологии.

ЗАО «Технология Маркет»

Наука и разработка. Автор технологии ЭЦ-зацепления и фирменной математической модели; патентообладатель. НИОКР с 1997 года, Томск.

ООО «Технология Маркет»

Инжиниринг и производство. Конструкторская документация, опытное производство, поставки и внедрения; резидент ОЭЗ «Томск».

АО «ОМСК»

Объединение и производство. Единое окно для заказчиков: комплектные решения, серийные компоненты, шламовые насосы собственного завода, сервис.

Соглашение о стратегическом партнёрстве: единая технологическая база, общая ответственность за результат — от расчёта до серийной поставки.

Технологическая база альянса — в цифрах

с 1997

Самостоятельные НИОКР в
машиностроении

46 / 97

патентов / заявок

10 + 4

зарубежных и международных
патентов

28

научных публикаций

20+

инженеров-разработчиков

ОЭЗ

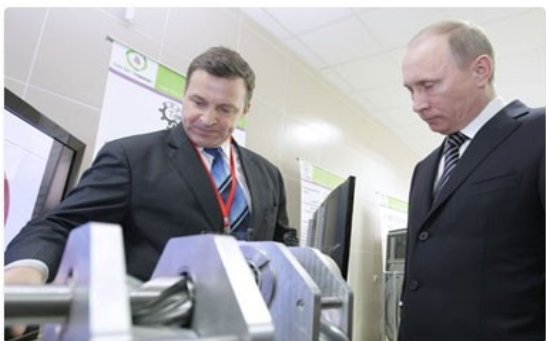
«Томск» — резидент с 2008 г.

МТП

реестр малых технологических
компаний (2024)

100+

реализованных проектов



Стенд технологии ЭЦ-зацепления — демонстрация на выставочной экспозиции

Фирменная математическая модель зацепления — ядро всех разработок:
копирование и масштабирование изделий без неё невозможно.



Проблемы клиентов — Наши решения

Проблема	Решение на базе ЭЦ-зацепления
Невозможно уменьшить размер и вес агрегата	Минус 30–50 % массы и габаритов (в отдельных случаях в 2–3 раза) - за счет меньшего количества ступеней передачи, меньшего размера рабочих органов агрегата
Высокая себестоимость: дорогие материалы и переделы	Себестоимость ниже в среднем на 40–60 % (до 5 раз) – за счет применения стандартных материалов, уменьшения количества технологических операций, снижения требований к точности изготовления, снижения размеров изделия, снижения массы
Использования высокооборотных и малогабаритных приводов в следствии невозможности обеспечить достаточное передаточное отношение в малых габаритах	Классические технологии без потери КПД $\eta \leq 9$, Эцз обеспечивает η в диапазоне 2-4000 в одной ступени без потерь КПД
Низкая перегрузочная способность	Передаваемый момент выше до 30 % при тех же размерах и сопоставимых параметрах
Ограниченный ресурс	Срок службы до 6 раз выше при снижении массы на 30 %
Высокие затраты на обслуживание	Реже замена масла и ремонты; необслуживаемые исполнения на подшипниках качения



РАЗДЕЛ I

Технология ЭЦ-зацепления

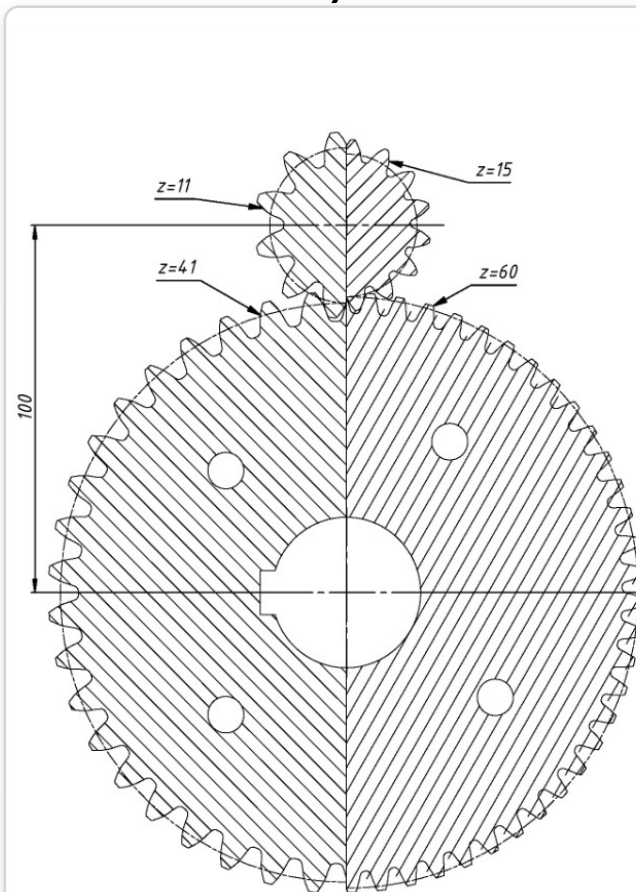
Новая геометрия зубчатого зацепления: эксцентриковые зубья + циклоидальные зубья.
Пятно контакта в полюсе зацепления — максимум КПД и плавная передача силы.



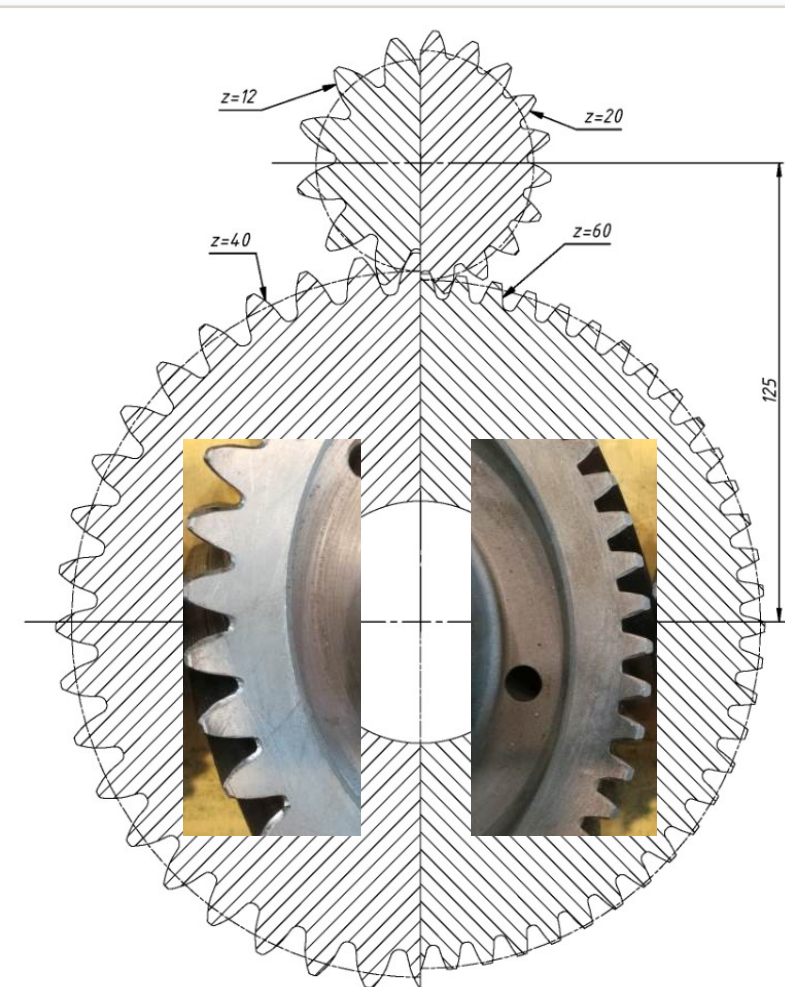
Что такое ЭЦ-зацепление

- Соединение зубчатых колёс с уникальным сочетанием двух типов зубьев: эксцентриковые зубья (профиль — часть окружности со смещённым центром) и циклоидальные зубья (профиль — часть циклоиды).
- Пятно контакта расположено в полюсе зацепления: КПД максимален, соединение зубьев плавное, передача силы максимально эффективна.
- Одноступенчатый редуктор с прямым ЭЦ-зубом выдерживает большие нагрузки, чем редуктор с шевронным зубом Новикова, при большем ресурсе — и экономичнее эвольвентного прямого зуба в производстве.
- Технология защищена патентами РФ, США, ЕА, ЕП и фирменной математической моделью расчёта.

1 ступень



2 ступень



Геометрия ЭЦ-колёс: чертёж и фото изделия

Рождение технологии и ее развитие

1928

Цевочное зацепление Лоренца Брарена — исходная идея планетарно-цевочных механизмов

1985-1991

Работа команды академиков и ученых ТГУ и СОРАН над новой математической моделью формирования новой геометрии зубчатого профиля

1991-2007

Работы команды: синусо-шариковые редукторы, циклоидально-цевочные приводы запорной арматуры

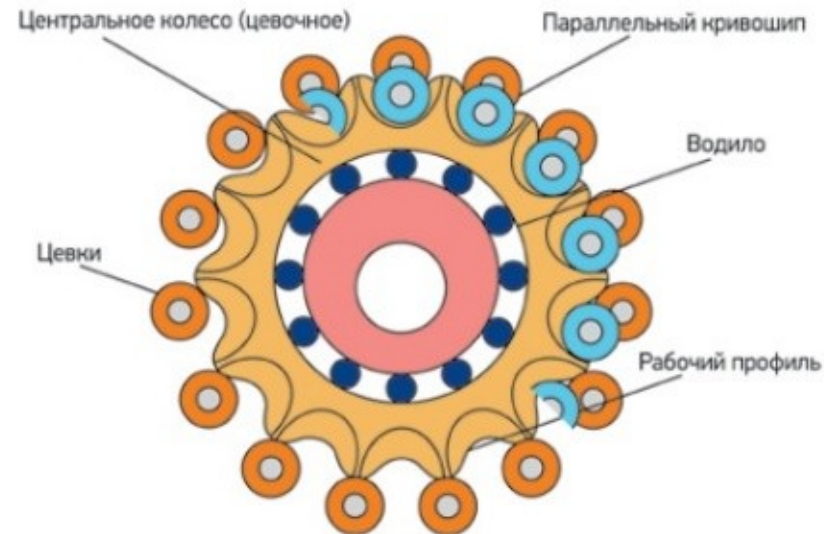
2007-2019

Создание ЭЦ-зацепления: многопарность, чистое качение, схема «редуктор-подшипник»

после 2019

Модифицированное ЭЦз с увеличенными радиусами кривизны зубьев — рост нагрузочной способности

Редуктор с планетарно-цевочной передачей — механизм с высокой надежностью, высоким выходным моментом и малым весом.



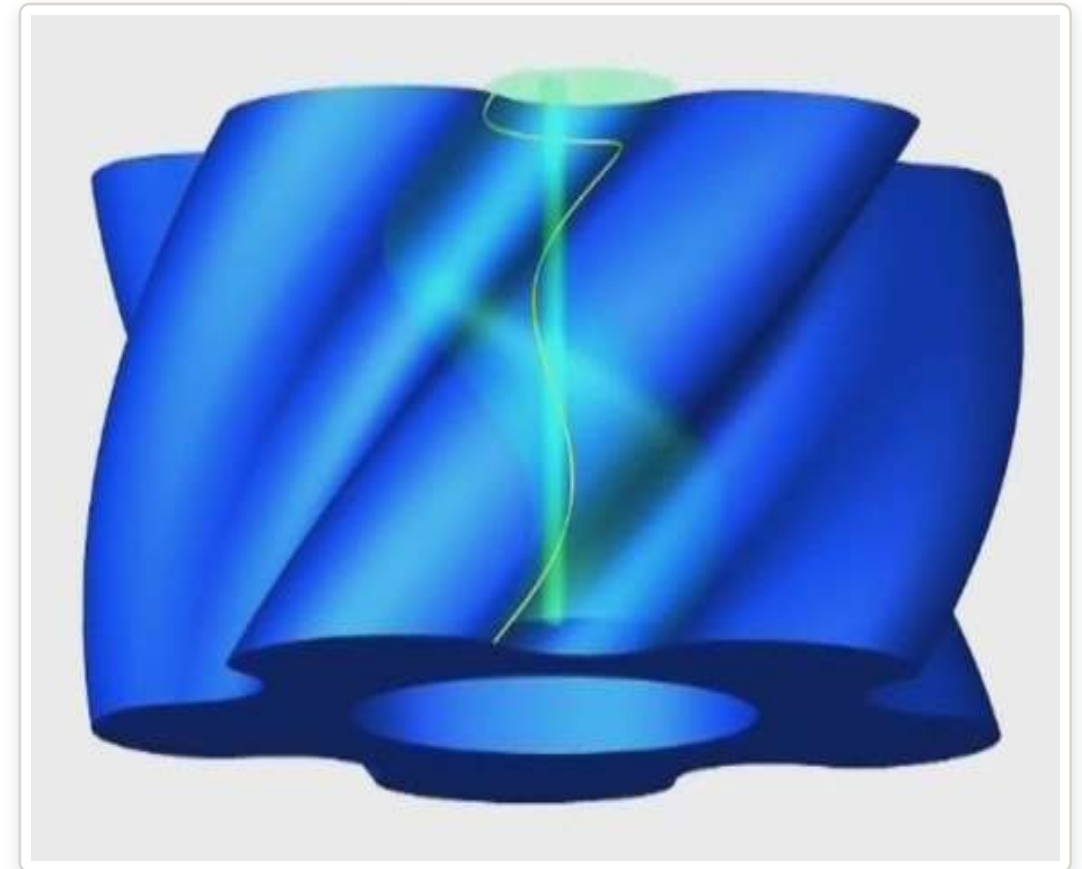
Классический планетарно-цевочный механизм — отправная точка анализа

Три «вершины» редукторостроения, объединённые в ЭЦз: всепарность зацепления, чистое качение, обойменный принцип построения.

Линейный контакт — фундаментальное отличие

- Нагрузка распределяется по линии вдоль поверхности зуба — выше долговечность, меньше износ (у традиционных передач контакт близок к точечному).
- Нет концентрации напряжений: срок службы до 3 раз выше, чем у эвольвентных передач и передач Новикова.
- Стабильность под ударными нагрузками и перекосами, при которых обычные шестерни выходят из строя.
- Низкие потери на трение: меньше тепловыделение, КПД более 99 % на ступень.

Там, где точечный контакт изнашивает передачу, линейный контакт ЭЦз надёжно работает в экстремальных условиях: горная техника, аэрокосмос, робототехника.



3D-модель ЭЦ-зацепления: линия контакта проходит вдоль зуба

Пятно контакта: на 30 % больше и движется вдоль зуба

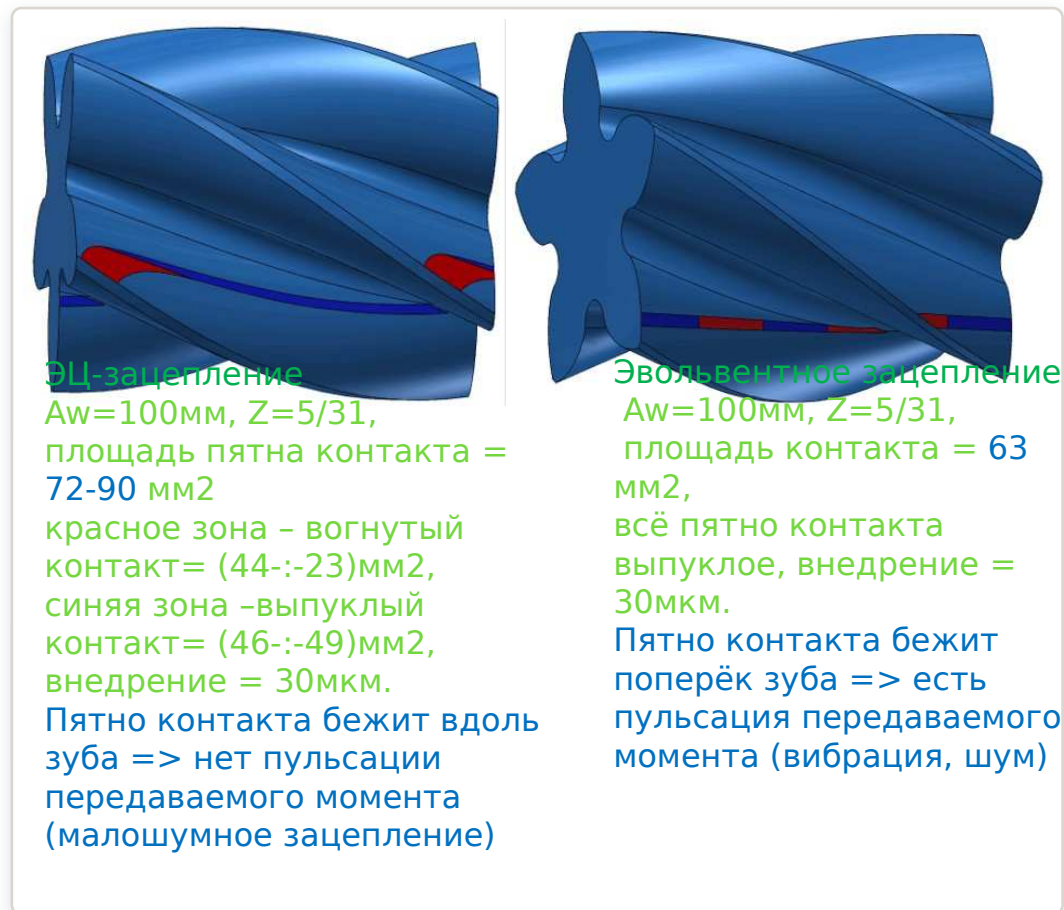
- Площадь пятна контакта на 30 % больше, чем в эвольвентном зацеплении, при равной глубине деформации.
- Пятно контакта движется ВДОЛЬ зуба — пульсация передаваемого момента отсутствует: зацепление без вибраций.
- В эвольвентном зацеплении пятно бежит поперёк зуба — отсюда пульсация момента, шум и вибрация.
- Нет подрезания ножки зуба, изгибные напряжения минимальны.
- Отсутствуют демаскирующие гармоники, зацепление малошумное.
- Выпукло-вогнутый контакт обеспечивает возможность передачи больших нагрузок, невосприимчив к ударным нагрузкам.

+30 %

площадь пятна контакта

+70%

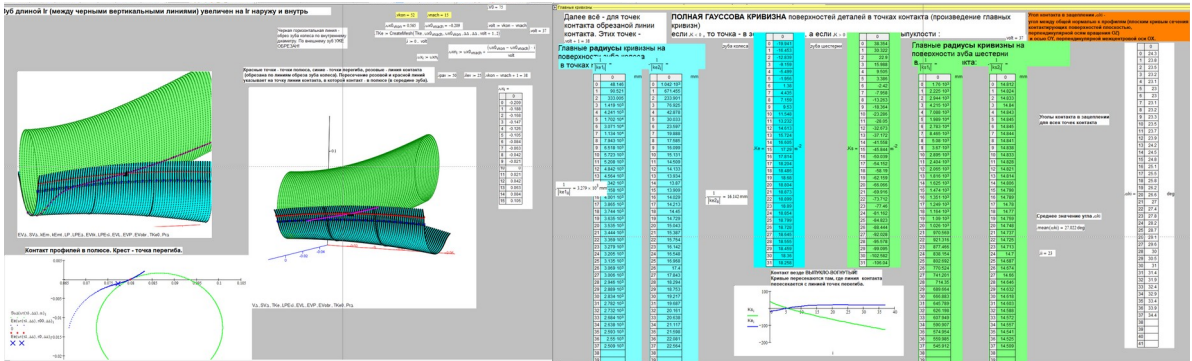
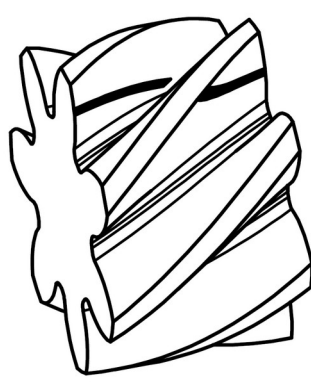
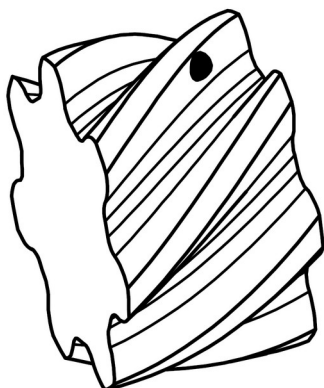
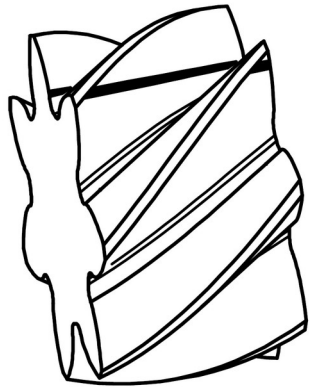
Совокупность параметров увеличивает общую эффективность



Визуализация пятна контакта на зубьях ЭЦ-колёс и эвольвенты

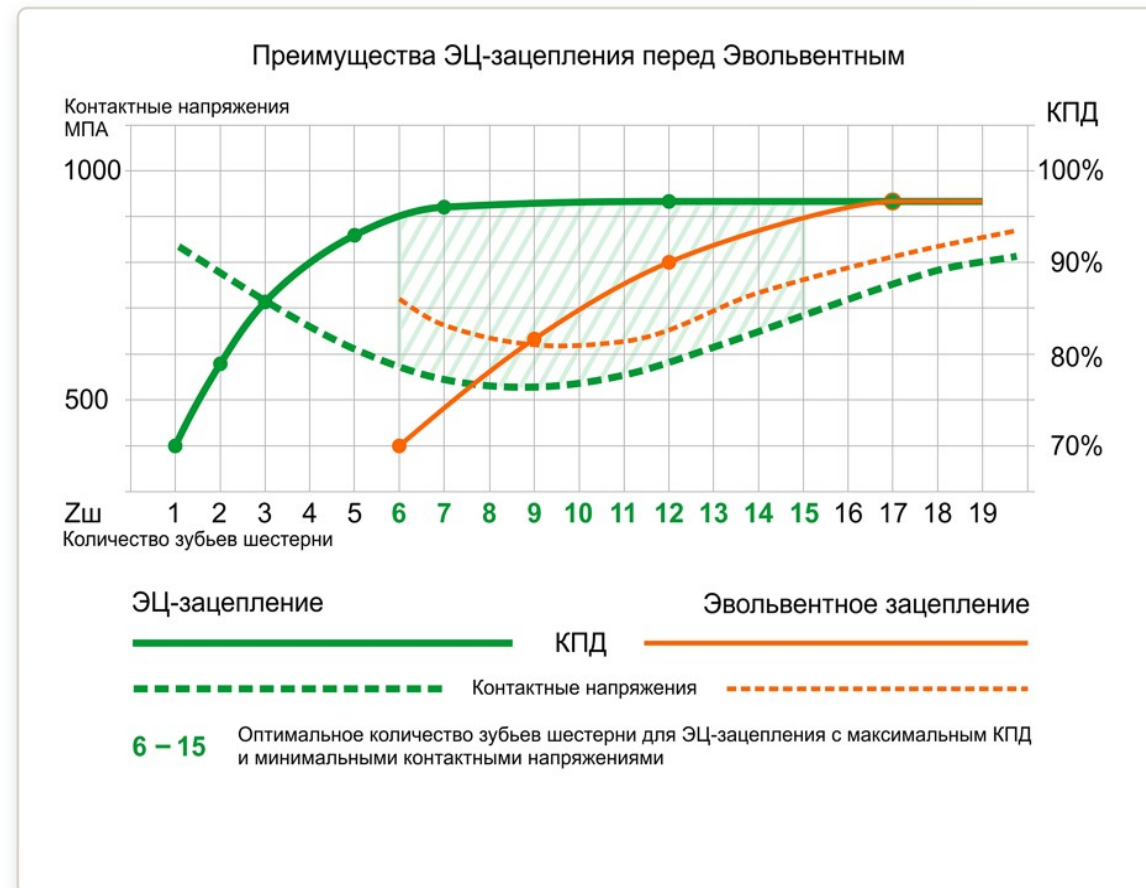
Три геометрии: эвольвента, Новиков, ЭЦз

Геометрия	Год	Контакт	Особенность
Эвольвентное (Эйлер)	1760	точечный / линейчатый поперёк зуба	промышленный стандарт; пульсация момента, ограничение по нагрузке и передаточному отношению
Новикова (Вильдгабер)	1954	точечный круговой	Лучше эвольвенты переносит скорости и нагрузки, дороже в 6 раз эвольвенты, очень требователен к точности изготовления
ЭЦ-зацепление	2007 / 2019	линейный вдоль зуба	многопарность, чистое качение, контакт в полюсе — максимум КПД и момента; при габаритах скоростях и нагрузках Новикова, цена и требования к изготовлению ниже чем у эвольвенты



Меньше зубьев — больше момент и КПД

- Малое количество зубьев шестерни (6–15) недостижимо для эвольвентного зацепления — и даёт большой передаваемый момент.
- Полюсный контакт обеспечивает высокий КПД во всём диапазоне.
- Контактные напряжения при равных габаритах ниже в 3 раза — запас на перегрузки и ресурс.
- Возможность изготовления вал-шестерен от 3х зубьев (не червячный тип)
- Пример расчёта: $u = 3,93$; $z = 15/59$; суммарное перекрытие 3,024; КПД 0,980.
- Нет привязки к модулям, даёт возможность изготавливать агрегаты в точном соответствии с требованиями и в минимальных габаритах



Зависимость КПД и контактных напряжений от числа зубьев: зона оптимума ЭЦз — 6...15 зубьев



Преимущества ЭЦ-зацепления

КПД до 99,8 %

минимальные потери на трение; решения с нулевым проскальзыванием
Технологически проще в изготовлении, не требуют дооснащения и переоборудования производственных мощностей

Момент +30 %

выше нагрузочная способность при тех же габаритах, требованиях и количестве зубьев

Ресурс ×3–6

равномерное распределение нагрузки, меньше износ и нагрев

Малошумность

плавное зацепление без пульсаций — для техники 24/7 и флота

Экономия ресурсов

меньше стали (–30 %), подшипников (–30 %), смазки (–50 %), энергии и топлива (–5–10 %)

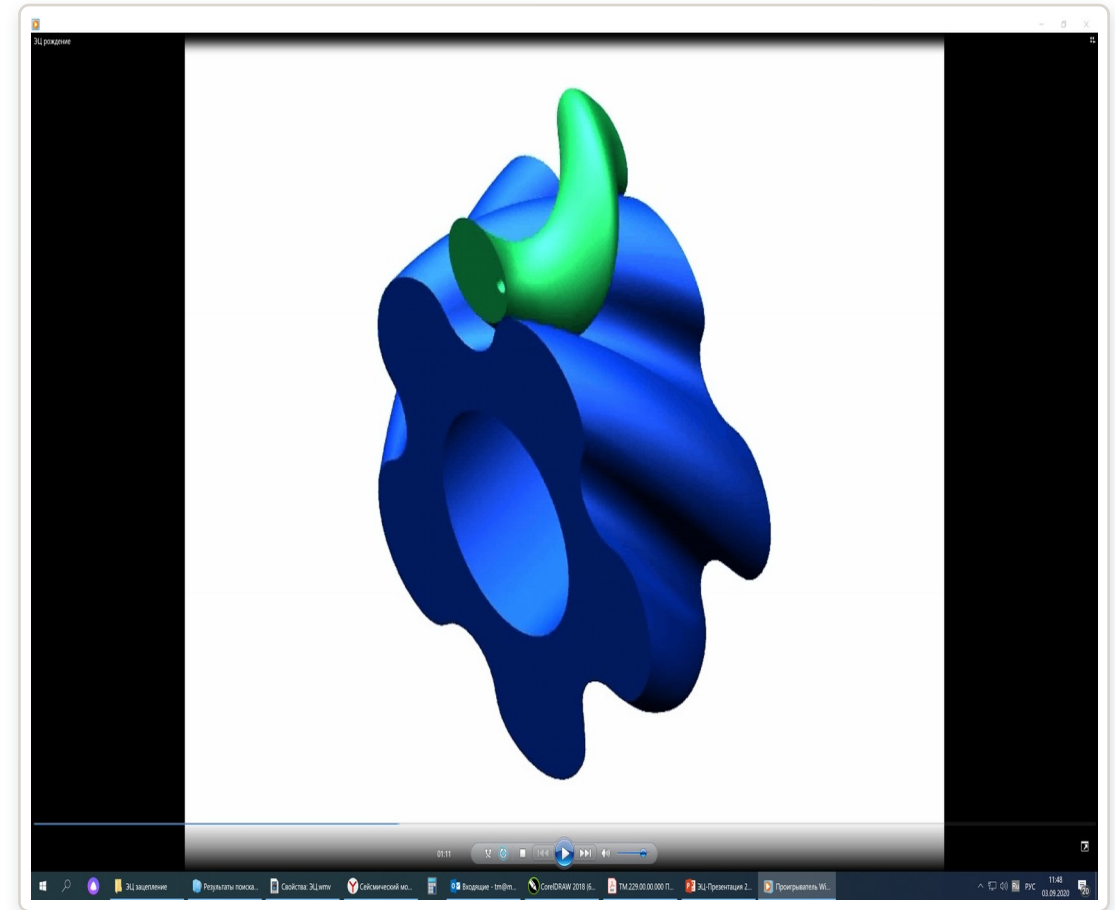
Точность

минимальный люфт — для систем управления движением



Фирменная математическая модель

- Полный расчётный цикл в Mathcad: контур поверхности зубьев и точки линии контакта → радиусы кривизны и угол зацепления → контактные напряжения по Герцу по линии контакта.
- Модель позволяет проектировать зацепление под заданные момент, ресурс и габарит — и является ключевой защитой технологии: без неё невозможно изменить массогабаритные характеристики изделия.
- Собственные программные комплексы позволяющие модифицировать расчетные модели под требуемые параметры.
- Собственные алгоритмы модификации расчетных моделей.
- Пример: $A_w = 100$ мм; $z = 12/48$; $M = 200$ Н·м; 1500 об/мин.



Результат расчёта — 3D-форма ЭЦ-зубьев (кадр фирменной модели)

17 ЛЕТ ЭВОЛЮЦИИ

От математики — к железу: макеты 2007–2024



Изготовлены десятки макетов и опытных образцов ЭЦ-зацеплений всех типов: цилиндрические, конические, планетарные, винтовые. Каждый макет подтверждает расчётную модель: линейный контакт, плавность хода, работоспособность при малом числе зубьев. Тысячи экспериментов и опытных испытаний подтверждающих на практике теорию.

Опытные ЭЦ-колёса и винты разных лет на стеллаже опытного производства

РАЗДЕЛ II

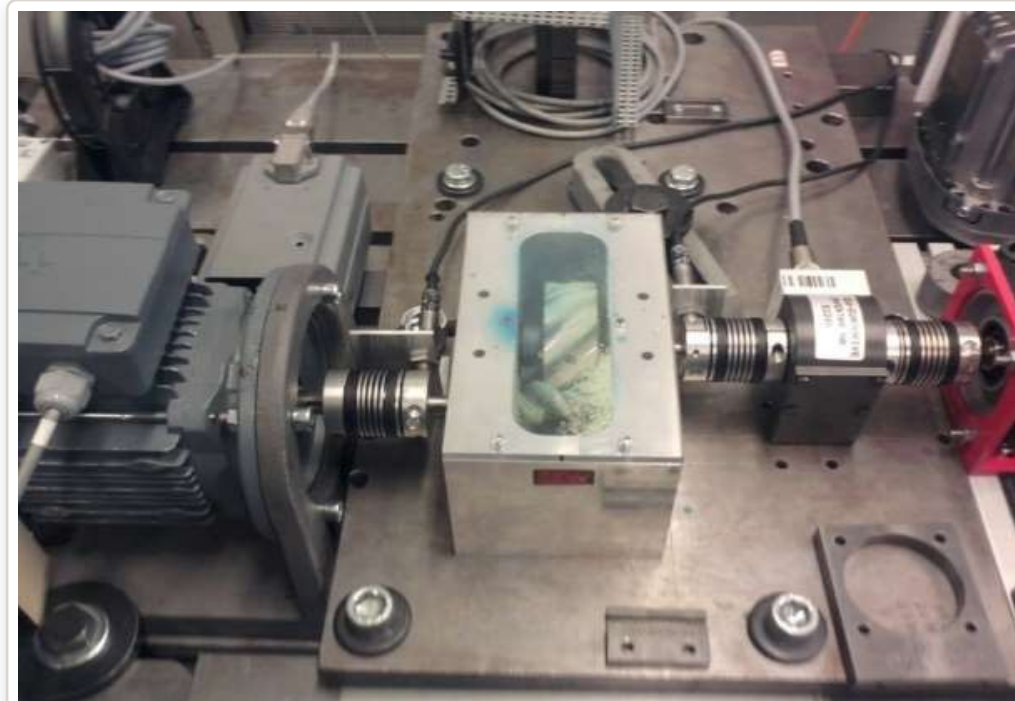
Доказано испытаниями

Фонд перспективных исследований · КАМАЗ · Крыловский государственный научный центр ·
Тяжмаш · БелАЗ · Росатом



Проект «Магистраль»: испытания ФПИ, 2017

- Фонд перспективных исследований инициировал НИОКР «Экспериментальные исследования характеристик эксцентриково-циклоидальной зубчатой передачи в сравнении с эвольвентными передачами».
- Исполнитель — ЗАО «Технология Маркет»; период 25.08.2017–30.11.2017.
- Объекты испытаний: серийный эвольвентный редуктор 5Ц2-125-12,5 (ЗАРЕМ) против 5Ц2ЭЦ-125-12,5 с ЭЦ-передачами.
- Три стенда: динамическая нагрузка в Крыловском ГНЦ, динамическая нагрузка на КАМАЗе, стенд предельного момента.
- Акт научно-технической приёмки опубликован: es-gearing.ru.



Испытательный стенд: редуктор под нагрузкой



Выводы испытаний ФПИ и КАМАЗ

+25 %

максимальный передаваемый момент ЭЦ-редуктора

+1 %

КПД: в главных передачах это +20–50 % мощности при той же тепловой нагрузке

–4,5 °C

температура масла в ЭЦ-редукторе

- При испытаниях ЭЦ-зубья ни разу не сломались — ломались валы и разрывался корпус редуктора; у эвольвентного редуктора ломались только зубья.
- Крыловский государственный научный центр: в спектре ЭЦ-зацепления отсутствуют демаскирующие гармоники, присущие эвольвентному, — малошумность для морских судов.
- КАМАЗ, протокол № 17-17300 (2019): изгибно-циклическая долговечность ЭЦ-шестерён выше на 12,2 %; отказ — по валу-шестерне, зубья целы.



Зубчатые пары после испытаний

Испытания на предельный момент до разрушения

96 → 120 Н·м

- У обоих редукторов разрушалась зубчатая пара второй ступени.
- Эвольвентный редуктор: разрушение при 96 Н·м.
- Редуктор с ЭЦ-зацеплением: разрушение при 120 Н·м — на 25 % выше.
- Разрушению второй ступени ЭЦ-редуктора способствовало несколько факторов: более низкое качество ХТО (меньшая твердость поверхностного слоя на 12%, меньшая глубина прокаливания), шестерни изготовлены в 8 классе точности против 5 класса у эталона, отсутствие шлифования ЭЦ-шестерен.



Редукторы после испытаний на предельный момент

Доказательная база внедрений

Площадка	Результат
ПАО «КАМАЗ» (протокол № 17-17300)	долговечность ЭЦ-шестерён выше на 12,2 %; зубья без разрушения
Крыловский ГНЦ + КАМАЗ	КПД выше на 1 %; момент больше на 25–30 %; нет пульсации момента
АО «Тяжмаш»	три вида ЭЦ-редукторов «полярного» крана АЭС прошли полный цикл испытаний; заказчик освоил выпуск ЭЦ-шестерён
БелАЗ-7555 (90 т), Кузбасс	коническая ЭЦ-главная передача: полевые испытания — низкая температура масла, нет вибраций
Росатом, РУ «БРЕСТ-ОД-300»	механизм клапана первого контура с ЭЦ-зацеплением прошёл испытания; литера О1
ФПИ, «Магистраль» (2017)	предельный момент 120 против 96 Н·м; КПД +1 %; температура –4,5 °С



ПО ТИПАМ ИЗДЕЛИЙ

Подтверждённый клиентами эффект

+30 %

момент редукторов при –30 % себестоимости

–62 %

потребление электроэнергии насосом

+30 %

выработка паровой турбины

–50 %

Стоимость обслуживания агрегатов

80+ %

КПД гидротурбины при –90 % себестоимости

×2–6

ресурс изделий по семействам



Среди заказчиков и партнёров испытаний: Алмаз-Антей, КАМАЗ, АВТОВАЗ, Тяжмаш, КЭМЗ, ПНППК, ОДК, SEW-Eurodrive и др.



РАЗДЕЛ III

Изготовление и защита технологии

Стандартные станки и инструмент · твёрдость 60 HRC · класс точности 5–8 ·
патентный контур РФ, США, ЕА, ЕП + ноу-хау

Изготовление на стандартном оборудовании

1 Черновая нарезка ЭЦ-зубьев концевыми твёрдосплавными фрезами

2 Цементация и закалка до 60 HRC

3 Повторная установка

4 Чистовая нарезка: класс точности 5–8

- 4-осевой (3+1) обрабатывающий центр EXEN российского производства (Нижний Новгород).
- Для серий: зубофрезерные станки с червячными ЭЦ-фрезами, дисковые фрезы, долбяки и шлифование ЭЦ-профиля.
- Никакого уникального оборудования — освоение на действующем парке завода-заказчика.

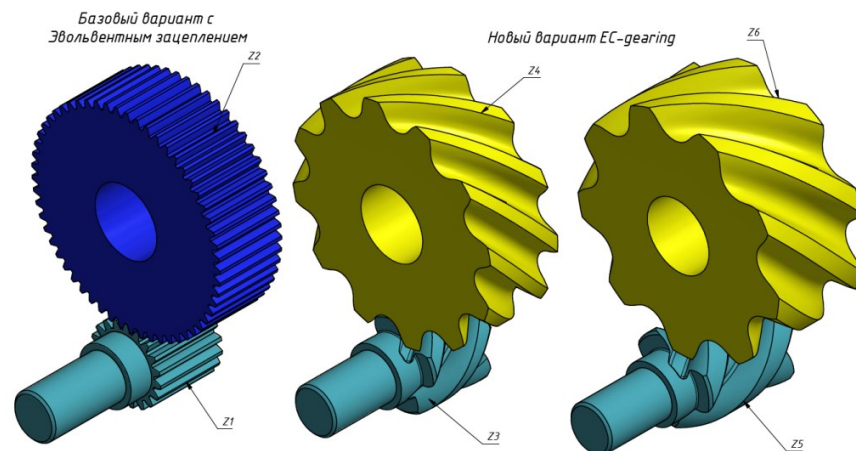


Обрабатывающий центр EXEN и нарезка ЭЦ-зубьев



Работает даже в пластике

- Пластмассовые ЭЦ-колёса испытаны в Германии; выполнено сравнение зубчатых ЭЦ-колёс для NASA.
- ЭЦ-зацепление с пластиковыми колёсами передаёт больший момент — эвольвентное в классическом исполнении из металла, передает только половину момента от ЭЦ.
- Пластиковые ЭЦ-редукторы работают без смазки — критично для пищевой промышленности, медицины и космоса.



Сравнение зубчатых ЭЦ-колёс для NASA



Стендовые испытания в Германии пластикового ЭЦ-колеса в паре с алюминием

Патентный контур и ноу-хау

Базовый патентный пояс

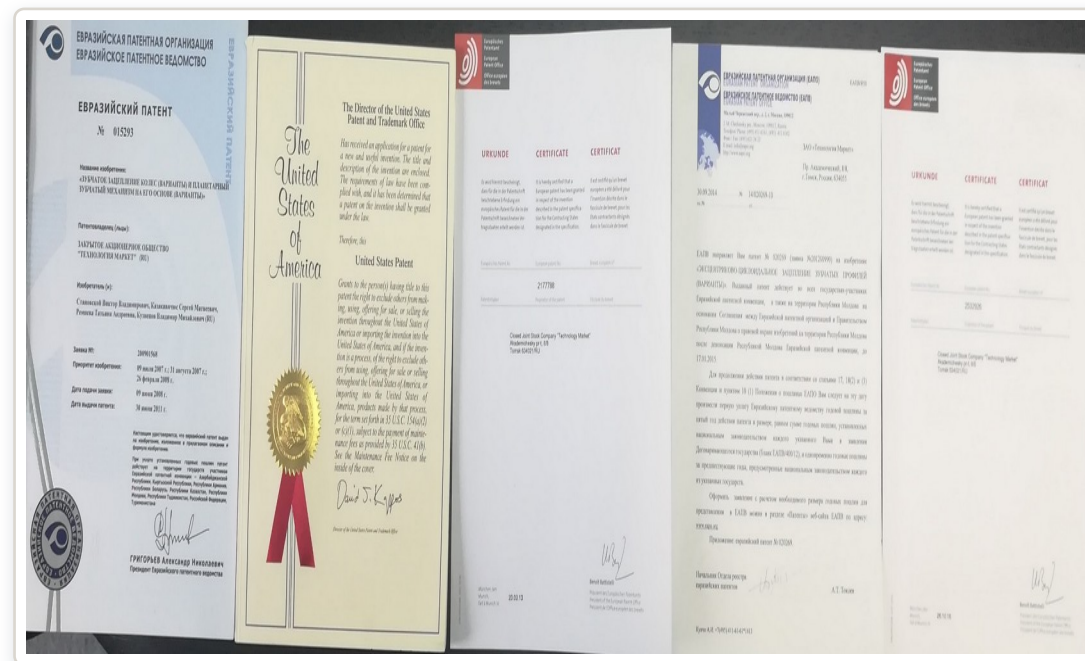
RU № 2416748 · США № 8789437 · EA № 019727 · ЕП № 2532926 — геометрия ЭЦ-зацепления и фирменная математическая модель.

Новые патенты и заявки 2024–2025

RU 2825928 — бесшатунный механизм поршневой машины;
RU 2835259 — турбовальный двигатель;
заявка RU 2024128078 — планетарный редуктор с внутренним зацеплением.

Ноу-хау (режим коммерческой тайны)

№ 207 — мультипликатор для ВЭУ; № 222 — модифицированное ЭЦз для исключения кромочного контакта при перегрузках.



Патентные грамоты РФ, США, ЕА, ЕП

Копирование изделия без математической модели и нарушения патентов невозможно: изменение массогабаритных характеристик требует пересчёта всей геометрии.



РАЗДЕЛ IV

Продукты и применения

Судостроение · ТЭК · энергетика · транспорт · робототехника · авиация и космос ·
атомная отрасль · спецтехника · ЖКХ



Карта продуктовых семейств

Зубчатые передачи — до 60 % рынка

ЭЦ-цилиндрические, ЭЦ-конические, ЭЦ-планетарные, ЭЦ-реечные, ЭЦ-гипоидные передачи; редукторы всех классов от микро- до 300 МВт.

Винтовые машины — до 30 % рынка

Винтовой ЭЦ-ДВС, ЭЦ-гидромотор и пневмомотор, винтовые насосы и компрессоры, шестерённые насосы, гидротурбины, паровые винтовые машины.

–30 %

потребление подшипников и стали

–50 %

потребление смазки

–5–10 %

электроэнергия и топливо

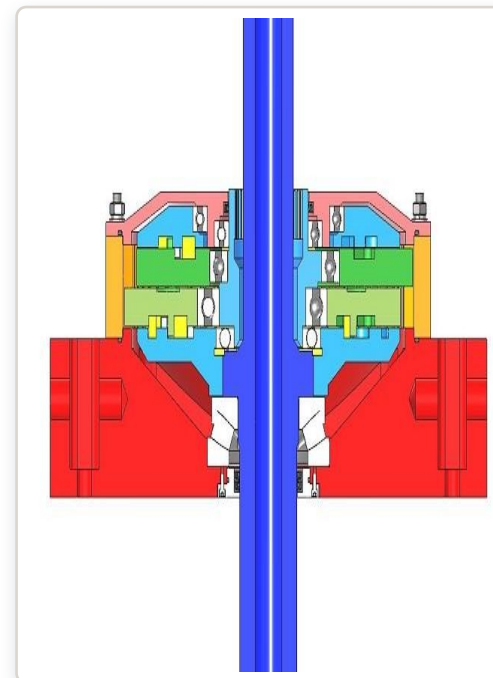
–30 %

энергия в насосах

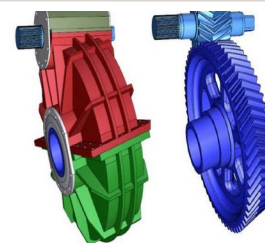
Эффекты применения ЭЦз в редукторостроении и насосах (по данным программы разработок)

Судостроение: ВРК-2500 в эксплуатации

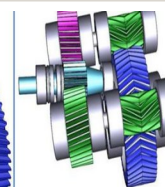
- ЭЦ-ВРК 2,5 МВт ледового класса Arc4: КД — ЗАО «ТМ»; ЭЦ-шестерни — «Арсенал-НТ» (Н. Тагил); сборка — «КОНАР» (Челябинск).
- Буксир «Капитан Найдено» с ЭЦ-ВРК-2,5 спущен на воду 02.12.2019.
- Преимущества: нет шума и вибрации в зацеплении; +30 % момента при меньшем размере и весе; работа при обеднённой смазке; патенты RU № 2683896, № 2681411.



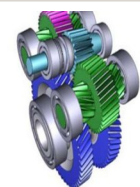
ВРК в разрезе; буксир-носитель; линейка ЭЦ-редукторов колонок



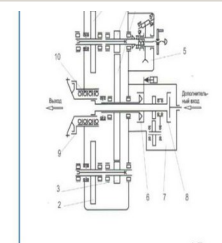
Гипоидный 1



Гипоидный 2



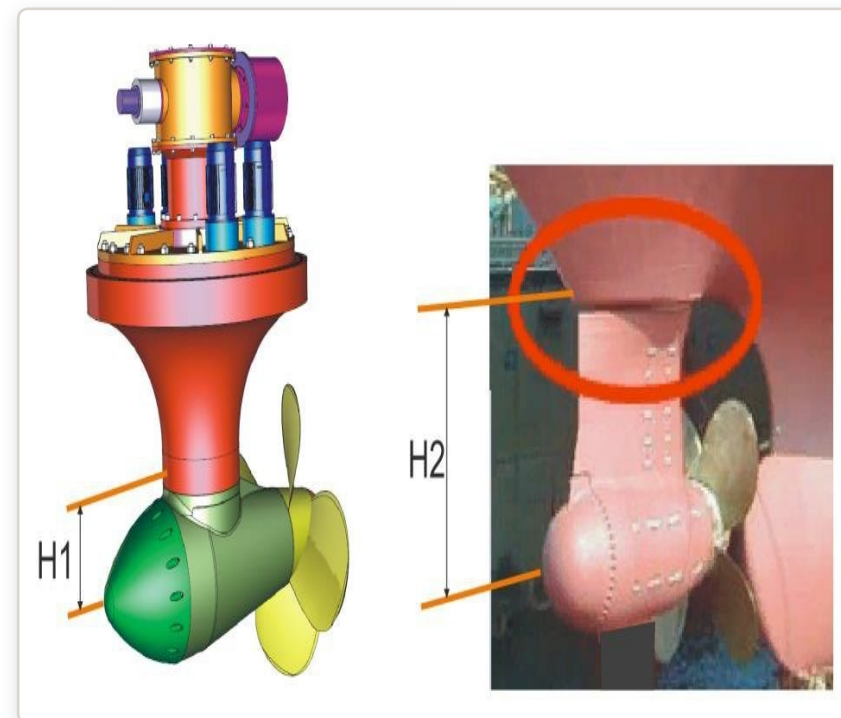
Конический



Единственная российская линейка азимутальных колонок с действующим референсом на флоте — в нише ушедших Azipod (ABB) и Schottel.

Линейка ВРК: от 200 кВт до 25 МВт

Изделие	Мощность / класс	Назначение
ЭЦ-ВРК-200 / 400 (L и Z)	0,2-0,4 МВт	малый флот, толкачи, спецсуда
ЭЦ-ВРК-1200	1,2 МВт	буксиры-толкачи (проект Фонда «Компас»)
ЭЦ-ВРК-2500	2,5 МВт · Arc4	в эксплуатации («Капитан Найдено»)
ЭЦ-ВРК-3500	3,5 МВт · Arc8	ЛСП «Северный полюс»: выдерживает боковое давление льда
ЭЦ-ВРК-6500 (L)	6,5 МВт	ледоколы
ВРК-10 МВт	10 МВт	перспектива (класс «Мистраль»)

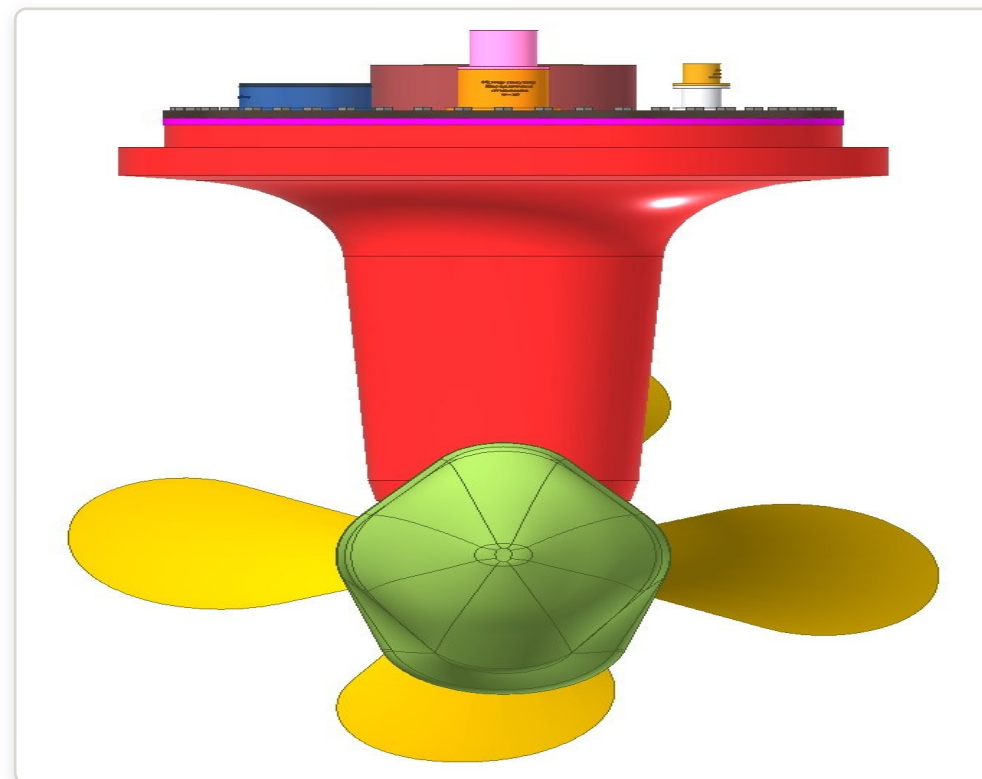
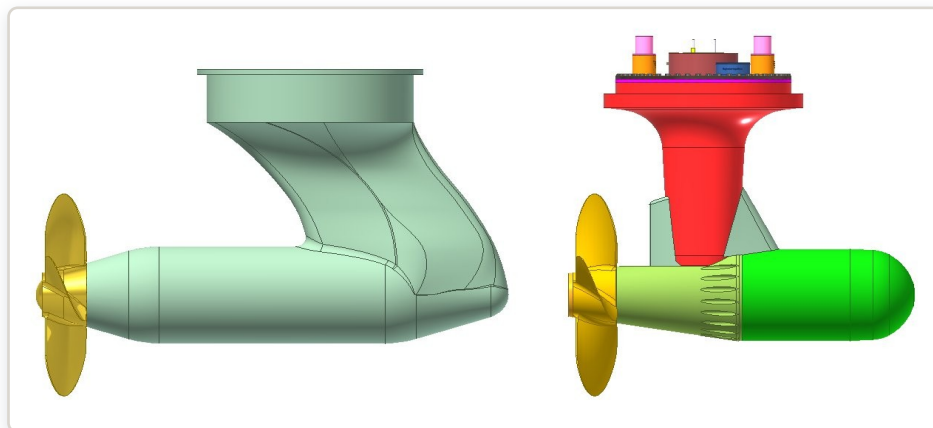


ВРК-3500 «Северный полюс»: сниженная высота H1 против классической H2 — стойкость к боковому давлению льда

Патент RU № 2731811: устойчивость колонки к ледовым нагрузкам независимо от их направления.

ЭВРК 2 МВт (ТМ.305) — замещение Azipod

- Заказ ООО «КМЗ» по соглашению с Минпромторгом РФ (№ 020-11-2024-1456 от 17.10.2024); договор № 2024Q22-191224.
- Назначение: электрическая ВРК ледового класса для мелкосидящего ледокола проекта 22740М; по требованиям Российского морского регистра.
- Прототип — Azipod I1250PS2300H2 (ABB); диапазон унификации 1,75–3,7 МВт, ледовые классы Arc4 — Icebreaker 6.
- Перспективные носители: пр. 22740М, MPSV07, 00840Э; заказчики — Росморпорт, ГТЛК, ОСК, Атомфлот.
- Разработчик механической части — ЗАО «Технология Маркет»: редукторы на ЭЦ-зацеплении.



ЭВРК 2 МВт (ТМ.305): колонка в сборе, 3D-модель

Регуляторный контекст

ПП № 1002 от 10.08.2026: доля иностранных комплектующих $\leq 45\%$ → 35% (2027) → 25% (2029).

ТМ.305 против Azipod CO980

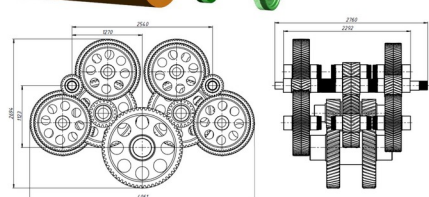
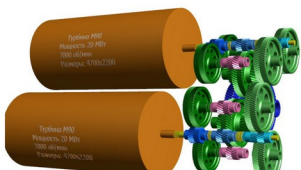
Параметр	Azipod CO980	ЭВРК 2 МВт (ТМ.305)
Масса	27 т	19 т (-30 %)
Осевой габарит	4,8 м	2,9 м
Схема привода	прямой привод, один двигатель	4 × 650 кВт + планетарный ЭЦ-редуктор
Комплектующие	специальные	серийные подшипники и электродвигатели
Унификация	—	1,75–2,5 и 2,6–3,7 МВт без смены компоновки и корпуса

Меньший осевой размер гондолы — ниже лобовое сопротивление и ледовые нагрузки на колонку.

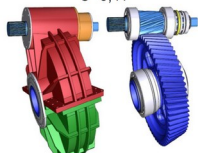
Корабельные редукторы: PO63, PO55, PO77, 23100, МА5

- ЭЦ-PO63 (НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ): 8500 л. с., двухступенчатый двухскоростной, ~12 т и 2,5×1,5×1,6 м — против трёхступенчатого аналога «Заря» 16 т.
- ЭЦ-PO55: две скорости + задний ход; PO77 (НТЦ «Сатурн», ЦКБ СПК им. Алексеева): конические и реверсивные исполнения без упорных подшипников гребного винта.
- Проект 23100 (ОДК «Сатурн»): 10 МВт, 6500 об/мин, $u = 17$, ~10 т, все подшипники качения.
- ГГА МА5, проект 22800 (ЦМКБ «Алмаз»): одноступенчатый шевронный редуктор 8 МВт.
- Турборедуктор 60 МВт — эскизный проект по заказу «Звезда-Редуктор».

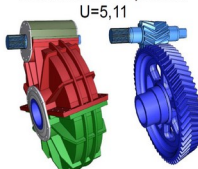
ЭЦ-Редуктор типа PO55. Эскизный проект.
Две скорости + задний ход. По запросу ВУНЦ — две турбины.



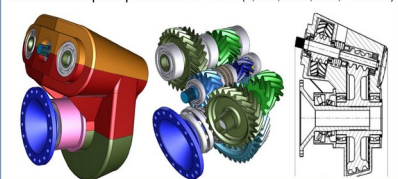
Конический косозубый
 $U=5,11$



Конический шевронный
 $U=5,11$



Конический реверсивный $U=\pm 7$ (1,1 x1,33 x1,53 м, ~2100 кг)



Двухступенчатый $U=7,96$



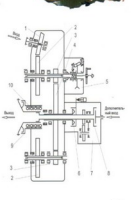
Гипоидный 1

Гипоидный 2

Конический

www.ec-gearing.ru

Проект "Заря"
(1,97 x1,51 x1,54 м) 2850 кг



15

P055

Конструктивные особенности

Реверсивный редуктор установки M56, объединяющий газотурбинный двигатель и дизель, которые работают раздельно. Редуктор переборного типа. Реверсирование осуществляется с помощью реверсивного комплекса, содержащего разобщительные фрикционно-кулачковые муфты переднего и заднего хода в сочетании с соответствующими гидромуфтами и гидромедлителем частоты вращения силовой турбины.

Основные характеристики

	ГТД	Дизель
Приводной двигатель	ГТД	Дизель
Номинальная мощность ПХ, л.с.	27200	5200
Передачное отношение	ПХ	14,29
	ЗХ	9,91
Обороты выходного вала, мин ⁻¹	ПХ	240
	ЗХ	125
Масса, т	37	
Габариты, м	3,9x3,8x4,0	

Кинематическая схема

1, 2, 3, 5, 6 - шестерни перебора ГТД
4 - колесо зубчатое ведомое
7, 8, 9, 10, 11 - шестерни перебора дизеля
12 - гидромедлителем частоты турбины
13 - муфта фрикционно-зубчатая ПХ ГТД
14 - муфта фрикционно-зубчатая ЗХ ГТД
15 - муфта фрикционно-зубчатая ЗХ дизеля
16 - муфта фрикционно-зубчатая ПХ дизеля
17 - гидромуфта ЗХ ГТД
18 - гидромуфта ПХ дизеля
19 - гидромуфта ЗХ дизеля
20 - муфта звукокопиряющая разобщительная
21 - акселераторное устройство
22 - стопорное устройство

Установка M56

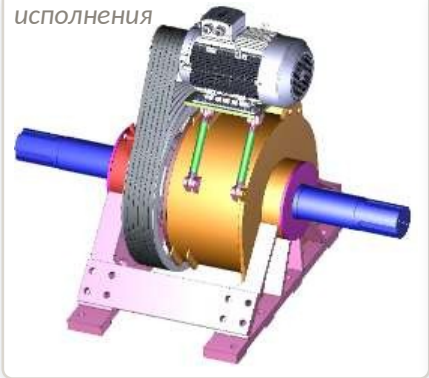
ТЭК: редукторы станков-качалок

Исполнение	Эффект
Прототип Ц2НШ-750 (эвольвентный)	масса 2800 кг, масло 120 л — база сравнения
ЭЦ-редуктор (в «Татнефти»)	ресурс ×5, КПД +1,5–2 %, масса 2300 кг (–500 кг), малошумность, масло 60 л.
Планетарный дисковый	ресурс ×6, КПД > 99 %, малые скорости в зацеплении
Планетарный с одним сателлитом	ресурс ×6, масса 1200 кг, масло 30 л

Главная экономия— в сокращении простоев: 1 день в год вместо 15 у прототипа.



ЭЦ-редукторы станка-качалки: серийный и планетарные исполнения



РПД 37-40: серийная платформа для нефтедобычи

40 000

Н·м крутящий момент

$\mu = 415$

качания 1,5–6 в минуту

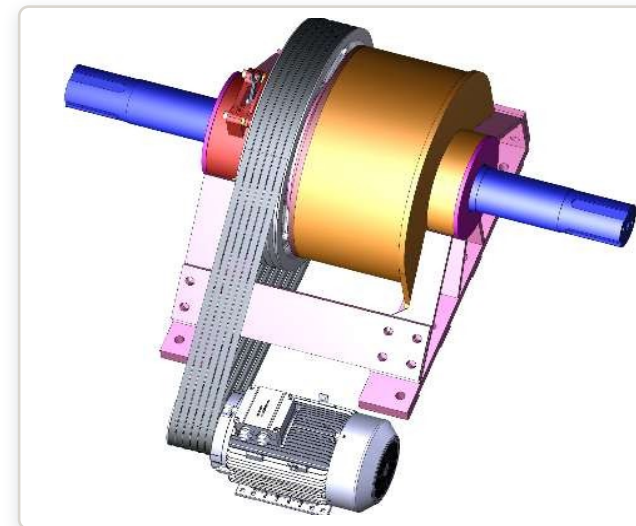
≈ 1200 кг

на 60 % легче аналогов

25 лет

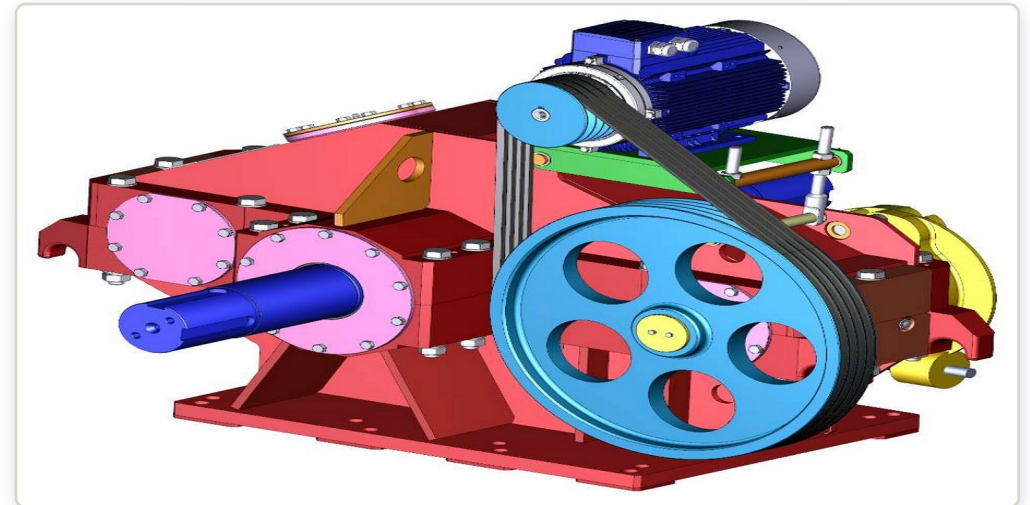
без капитального ремонта

- Одна платформа закрывает диапазон 27 000–40 000 Н·м — вместо 5–12 типоразмеров устаревшего ряда Ц2НШ и подобных;
- ТО-1 раз в 2 года (30–70 л масла), ТО-2 раз в 12,5 лет; ЗИП — 1/6 от аналогов; гарантия 3 года (до 5 лет).
- Сквозная платформа для 4 отраслей: нефтедобыча, горнорудные конвейеры и дробилки, судовые лебёдки, мотор-редукторы общего машиностроения.

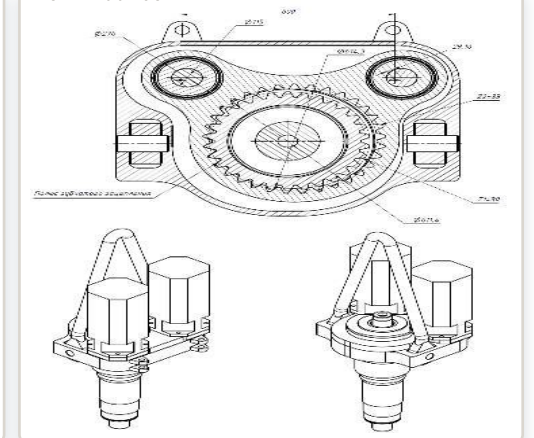
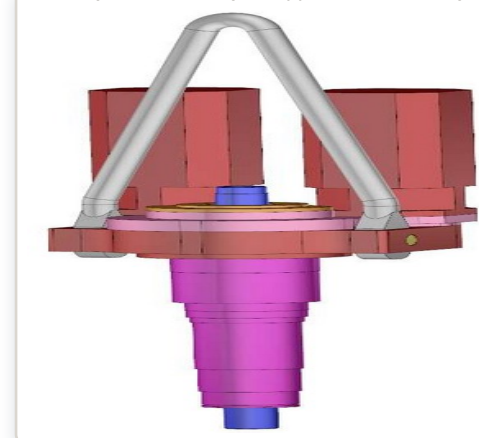


Универсальный привод $u=400$ и верхний привод буровой

- Универсальный привод станка-качалки: одноступенчатый редуктор $u_1 = 100$ заменяет ШЕСТЬ типов двух- и трёхступенчатых (Ц2НШ-450/560, Ц3НШ-450/560).
- Выходной момент 28–56 кН·м; 1,3–12 качаний в минуту (выбором двигателя 7,5–75 кВт и шкива); масса 3200 кг; КПД полюсного зацепления $> 99\%$; линейная скорость в зацеплении в ~ 100 раз ниже — малозумность.
- Верхний привод буровой установки: одноступенчатый двухпоточный редуктор от двух электродвигателей; 3000 об/мин на входе, 40 000 Н·м на выходе, $u = 27$.

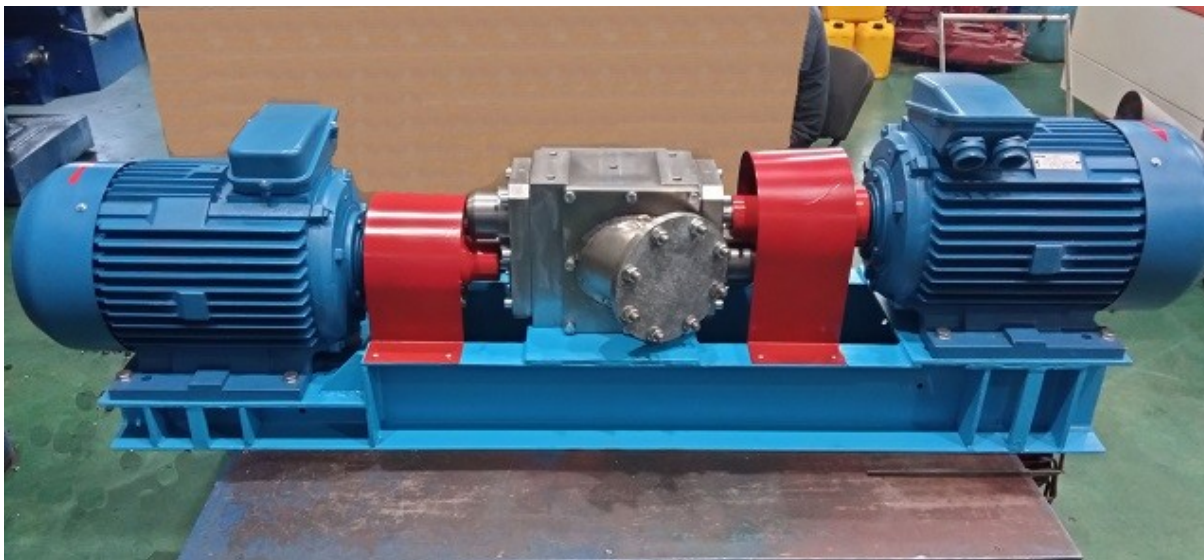


Универсальный привод качалки и верхний привод буровой



Насосы: линейка от ЖКХ до месторождений

- ЭЦ-насос: самовсасывающий (7,5 м против 0 у центробежного), мультифазный (жидкость + газ), высокого давления, энергосберегающий — 70 кВт против 100 кВт при равных подаче и напоре.
- Задел: верхние приводы и редукторы погружных насосов, погружные ЭЦ-насосы, мембранные с приводом от эксцентриков, плунжерные, четырёхступенчатые, мультифазные шестерённые; насос для МО (7 МПа, 2,5 м³/ч).
- По совокупности параметров аналогов ЭЦ-насосу нет.



КУБ В0.1 против Grundfos CR 10-8A

+30 %

энергоэффективность (один двигатель)

×1,2

производительность по давлению

–30 %

сила тока — кабели меньшего сечения

×3

компактнее аналога

–60 %

стоимость владения (покупка + установка)

6 лет

в абразивных жидкостях без обслуживания

- Испытания: ИЛ ПГИ «Лаборатория неразрушающего контроля „Нефтегазобезопасность”»; полное соответствие заявленным характеристикам.
- Сферы: ЖКХ, ГВС/ХВС, отопление, канализация, пожаротушение, нефтегаз и нефтехимия, высоковязкие жидкости (битум, патока).
- Установка двигателя PRINEM добавляет ещё +20 % эффективности.

Магистральный ЭЦ-насос для нефтепроводов

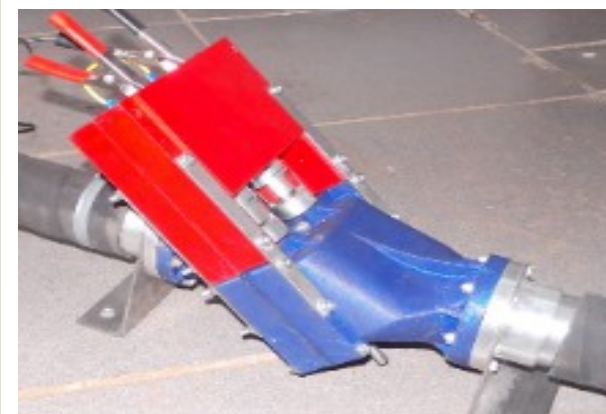
Проблема центробежных насосов

Узкий диапазон высокого КПД (82 %); подшипники скольжения и маслостанции; кавитация; плохая работа с газовыми пузырями; сложный корпус.

Решение — винтовой ЭЦ-насос

КПД 92 % в широком диапазоне; мультифазность; нет кавитации; необслуживаемые подшипники качения на весь срок службы; механический КПД зацепления > 99 %.

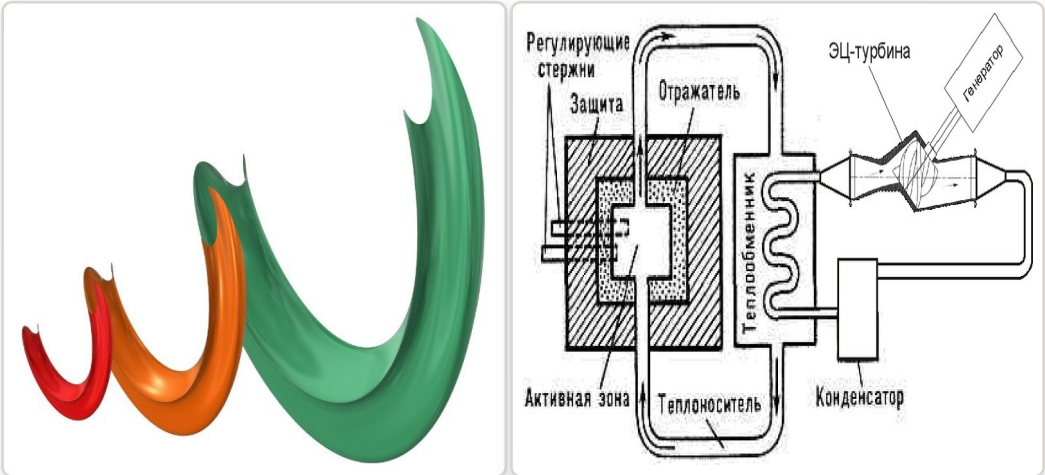
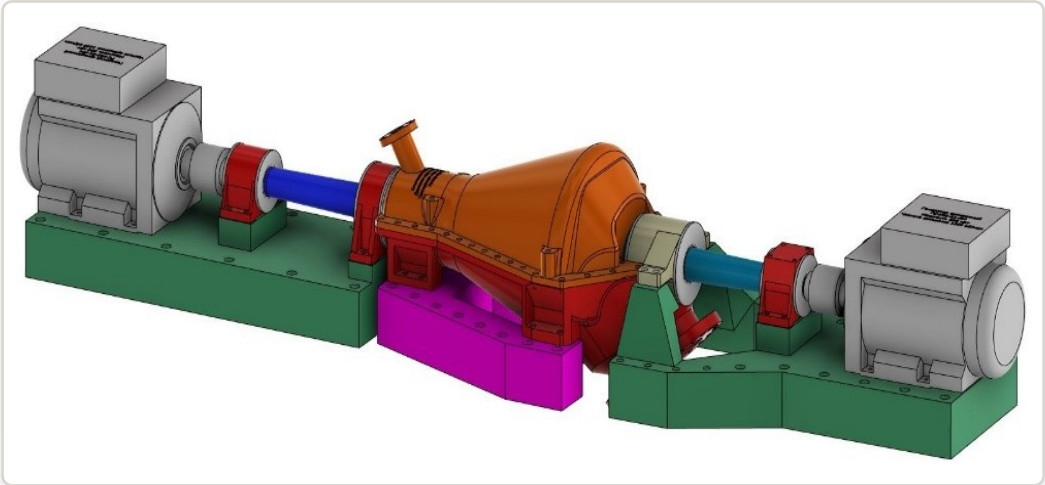
Эффект: снижение себестоимости транспортировки нефти на 20 %.
Снижение стоимости приобретения и обслуживания



Паровые турбины малой мощности: ПВТ и КВПМ

ПВТ-1 МВт	Классическая турбина
выработка 1 МВт	800 кВт
срок службы 50 лет	35 лет
вес 5 т · 1,7×1,5×1,2 м	11 т · 5,0×2,8×2,4 м
подшипники качения, необслуживаемая	маслостанции, регулярный сервис

- КВПМ (конусно-винтовая паровая машина) — замена лопастных турбин до 10 МВт, в т. ч. для АСММ: высокий КПД, работа на паре низкого качества, серийные подшипники, ниже себестоимость.
- Паровая ЭЦ-турбина (патент RU № 2534657): нет сквозных протечек пара — КПД до максимума.
- Замкнутый пароводяной цикл, любое топливо; мобильное и стационарное исполнения.



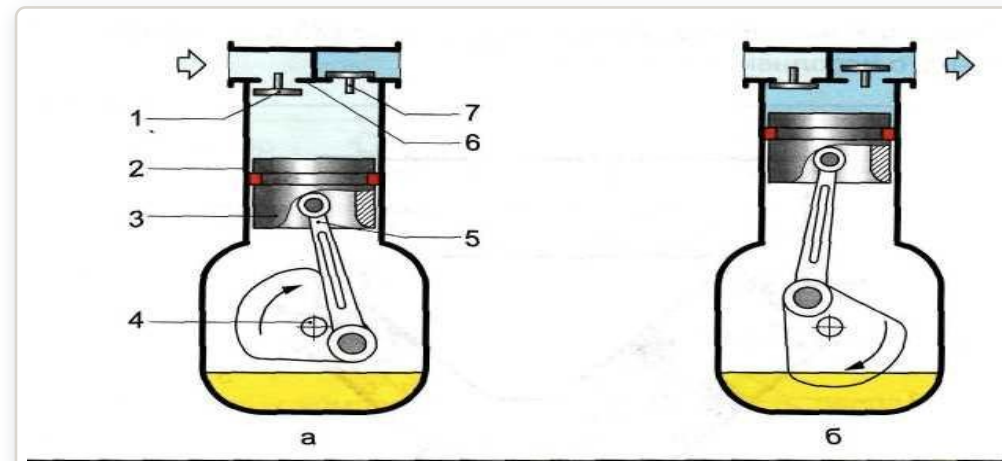
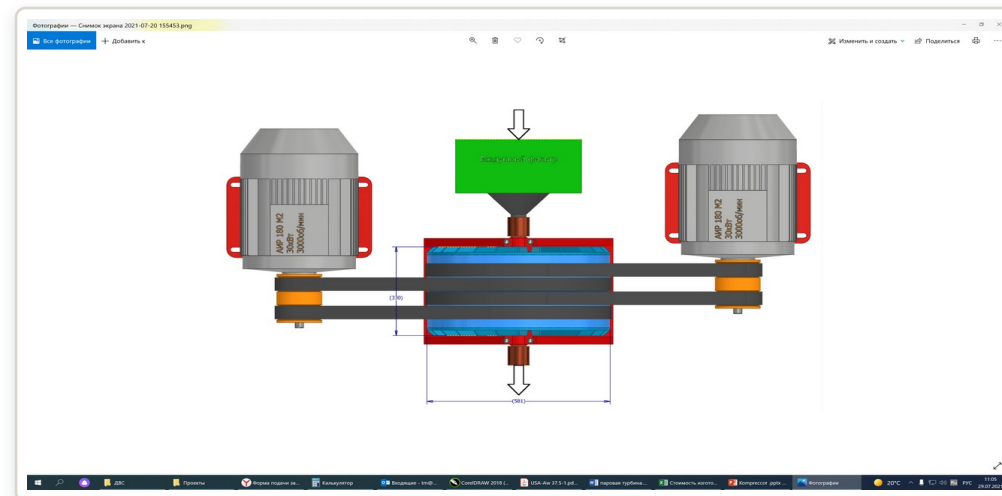
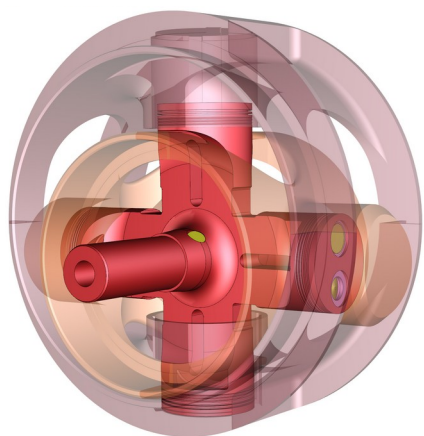
КВПМ на станине; ЭЦ-винты; схема применения на АСММ



Компрессоры и двигатели без шатуна

- БШПК — бесшатунный поршневой компрессор: поршни неподвижны и образуют крест, цилиндры движутся на двойном эксцентрикe; схема полностью сбалансирована, 4 порции газа за оборот.
- Параметры на уровне винтовых компрессоров при себестоимости поршневых с КШМ; эффект — себестоимость транспортировки газа –30 %.
- Бесшатунный ДВС (патент RU 2825928): решена балансировка, снижены требования к точности — компактные силовые установки для транспорта и автономной энергетики.
- Турбовальный двигатель — патент RU 2835259.

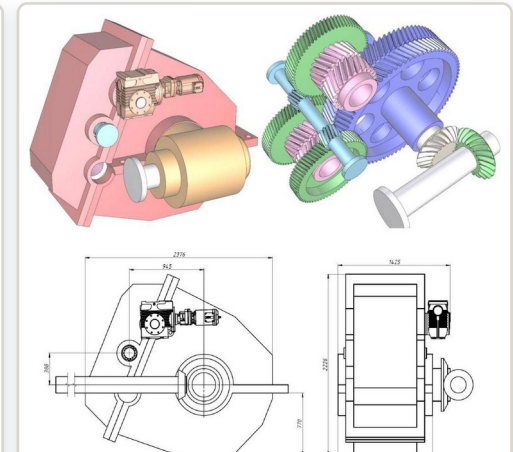
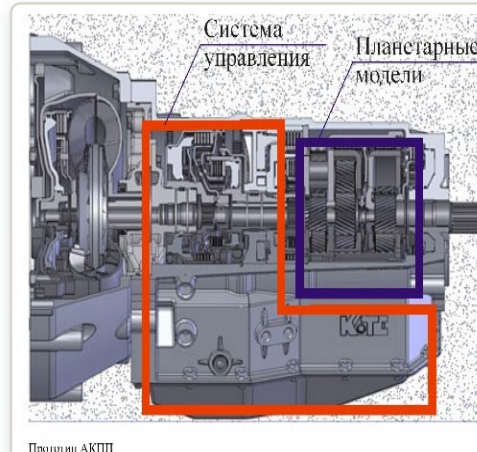
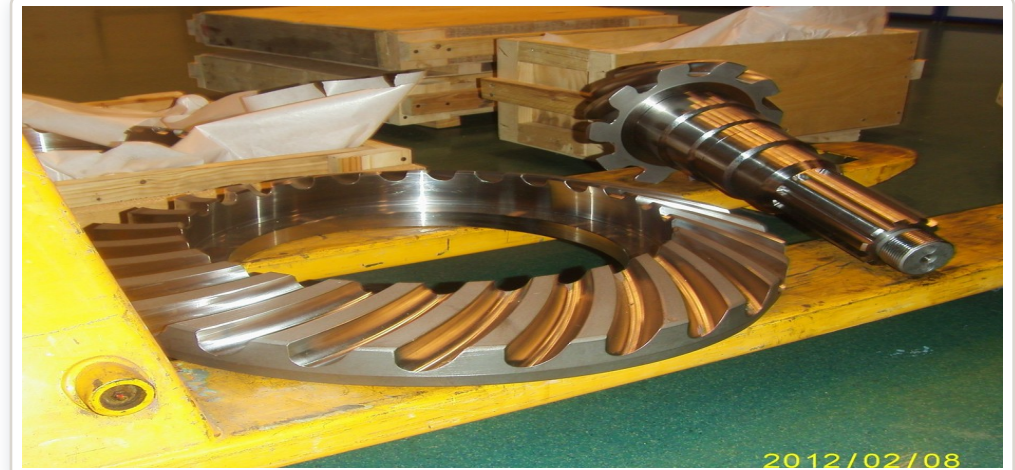
Сборка макета
бесшатунного
компрессора



Кинематика БШПК и компоновка компрессора

Автопром: главные передачи и АКПП

- Главные гипоидные ЭЦ-передачи КАМАЗ: +1 % КПД главной передачи = +30 % передаваемой мощности при тех же температурах; при испытаниях ЭЦ-ГП разрушала штатный дифференциал, оставаясь целой.
- БелАЗ-7555 (90 т): полевые испытания конической ЭЦ-ГП на Кузбассе — низкая температура масла, без вибраций.
- Первый «Ё-мобиль» собран на ЭЦ-зацеплении (ГП и шестерни синхронизации роторно-лопастного ДВС).
- АКПП новой конструкции (RU № 2298713, WO 2008/121014): 8 передач на трёх планетарных модулях и трёх тормозах; цена, масса и размер — 50 % от прототипа.



ЭЦ-ГП КАМАЗ и БелАЗ; АКПП в разрезе

Железные дороги, лифты, краны

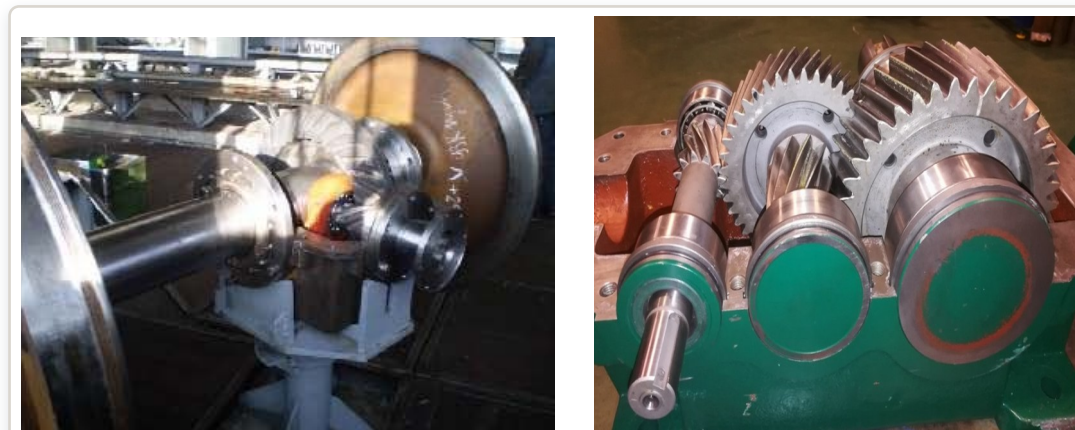
Железные дороги (патент RU № 2416748)

Комплект ЭЦ-колёс раздаточного редуктора локомотива взамен вышедших из строя эвольвентных: ресурс $\times 2-5$, нет нагрева и шума. Вагонотолкатель ВТЭ-22-Т1 — вторая ступень на ЭЦз. Перспектива: тяговые редукторы скоростных поездов (~ 300 км/ч) на плавающих шайбах.



Лифты и краны

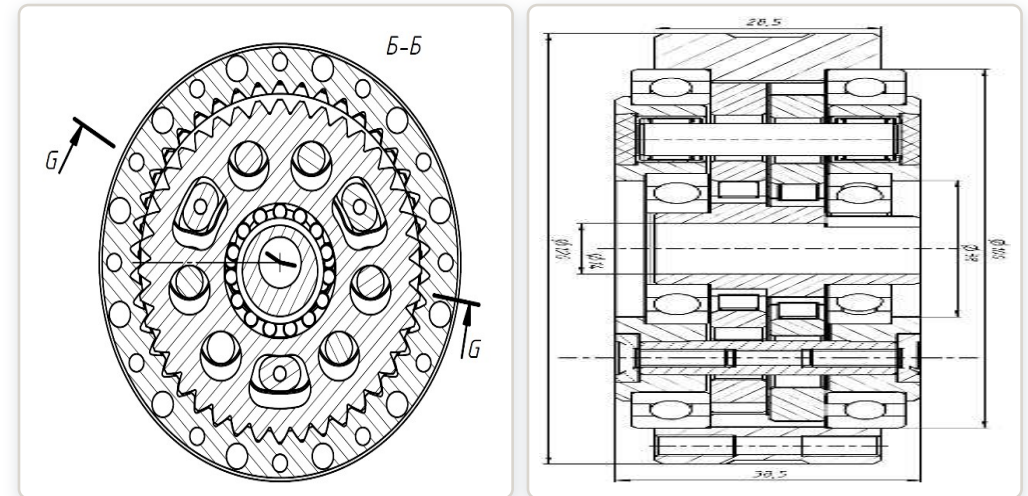
Редуктор с плавающими шайбами $u = 32$ взамен червячного: КПД $> 99,5\%$ против 75% , двигатель 11 кВт вместо 15 кВт (-25% энергии), ресурс > 25 лет. Круговой кран АЭС (Тяжмаш): 7 типов ЭЦ-редукторов, серийная подготовка.



Лифтовая лебёдка с ЭЦ-редуктором; крановые ЭЦ-редукторы на стенде

Робототехника: точные редукторы без импорта

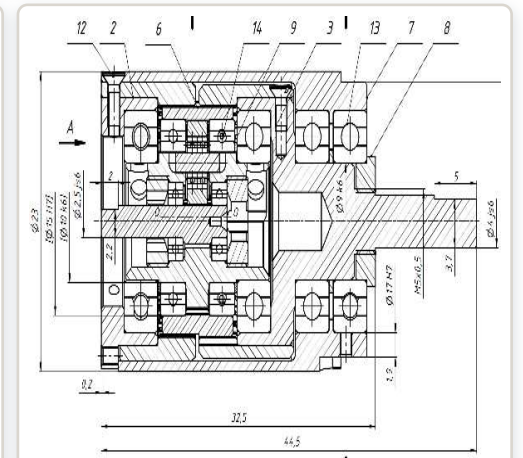
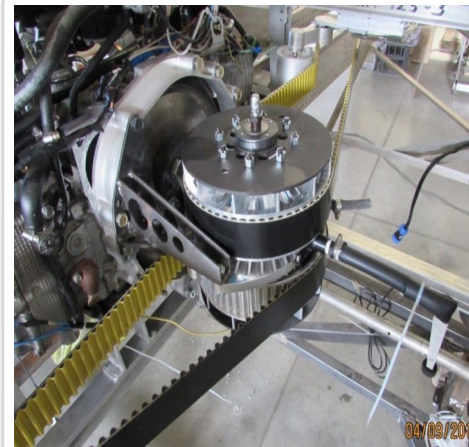
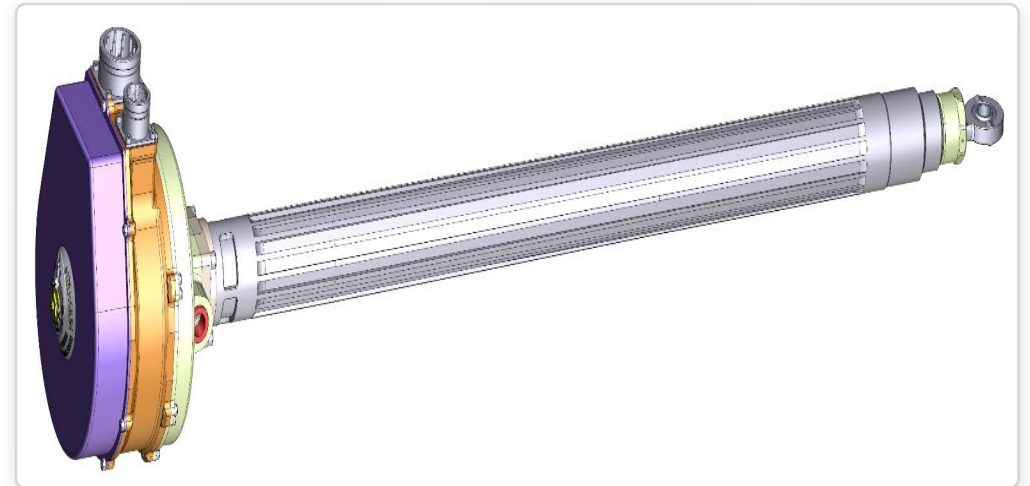
- ЭЦ-ПЦР (патент RU № 2782006): диапазон $i = 8...4000$ против $30...150$ у стандартных ПЦР; исключён проскок; КПД зацепления 99,4 % (+20–30 % к ПЦР). Типоразмеры 120/150/210 мм, моменты 300–3000 Н·м.
- РПД-100-1200: одноступенчатый, $i = 100$, 1200 Н·м, 26 кг с двигателем — против китайского RV-50 (три ступени, 980 Н·м, ~35 кг БЕЗ двигателя, нулевая консольная нагрузка). Консоль РПД — 125 кг·м.
- Мотор-редуктор в роторе двигателя: 415 Вт, 175 Н·м, 5,6 кг, 152×152×80 мм — для мобильных робокомплексов.



Компактный ЭЦ-мотор-редуктор для робототехники

Авиация, БПЛА, космос

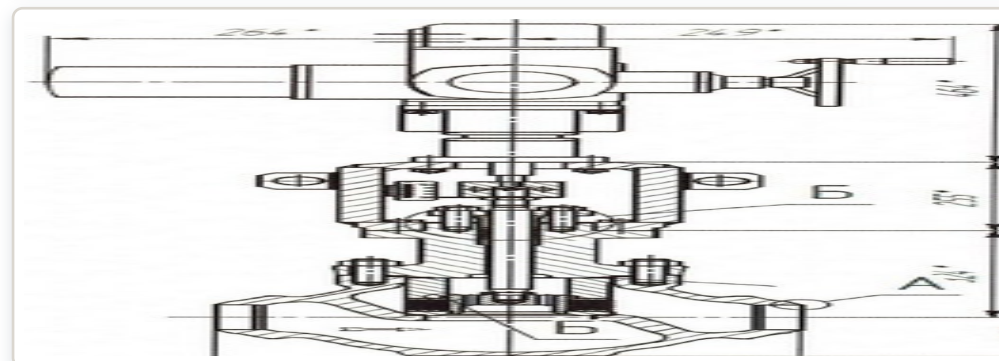
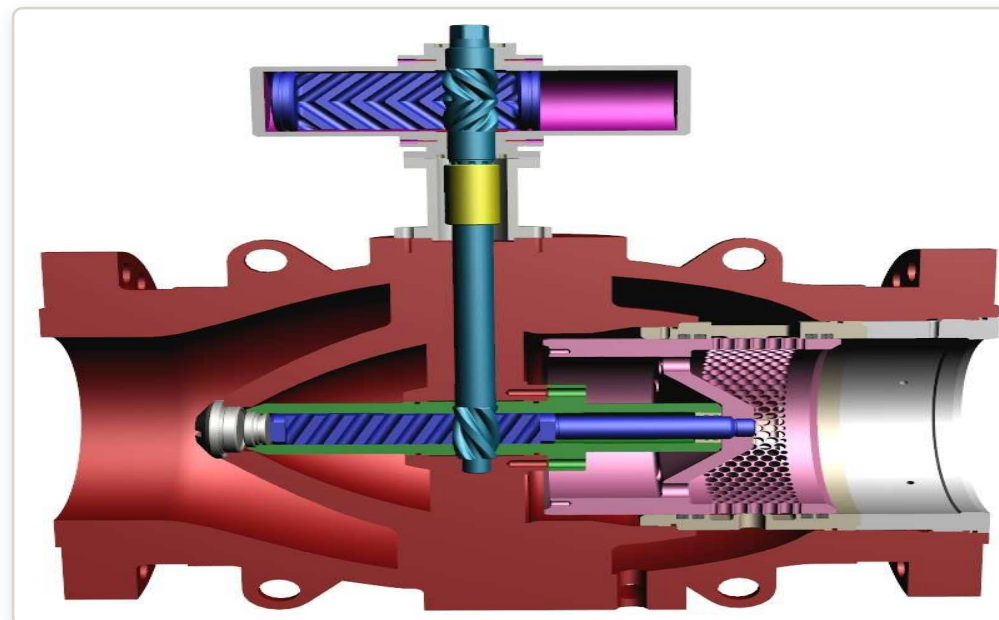
- Реверс-привод авиадвигателя ПД-14 (заказчик ПНППК / ОДК-Авиадвигатель): масса снижена на 2,5 кг (до 10,9 кг), длина — на 63 мм; усилие +600/-2900 кг, ход ± 600 мм; все испытания пройдены.
- Вертолёты: главный редуктор беспилотного вертолётa (Казань, груз 250 кг); редукторы вертолётa (Кемерово) — заказчик сам освоил выпуск ЭЦ-шестерён.
- Космос: микроредуктор вращения антенн и солнечных батарей (заказ Роскосмоса) — $u = 198$, $\varnothing 23$ мм, 1,5 Н·м, подшипники качения, КПД > 95 % против < 80 % у импортных трёхступенчатых на подшипниках скольжения.
- Привод створок пожарного вертолётa МЧС — серийный выпуск (ПНППК), импортозамещение американских приводов.



Реверс-привод ПД-14; вертолётная трансмиссия; чертёж микроредуктора для космоса

Атомная отрасль и запорная арматура

- РУ «БРЕСТ-ОД-300» (Росатом): вращательно-поступательный механизм с ЭЦ-зацеплением клапана ПЕРВОГО КОНТУРА прошёл испытания — присвоена литера О1.
- Клапан ЗРА (патент на ПМ № 158777): универсален для Ду 100–1000; линейный ЭЦ-привод поршня.
- Линейный привод ЗА на промежуточных телах качения (патент RU № 2752356) против АУМА: КПД самоторможения 45–60 % против 30 %, себестоимость вдвое ниже, размеры меньше.
- Редуктор насоса Белорусской АЭС; редукторы кругового крана (Тяжмаш).



Клапан с ЭЦ-приводом (разрез); линейный привод ЗА

Продукция специального назначения

- Комплекс вращения и развёртывания антенны на бронетехнике с ЭЦ-редукторами — прошёл испытания в реальных условиях эксплуатации.
- Высокоскоростной безредукторный привод (ПНППК): 27 Гц, 3 кВт — литера О1.
- Гусеничные платформы: гибридные трансмиссии, бортовые редукторы, главные передачи повышенной живучести.
- Приводы рулей: коническое ЭЦ-зацепление 65°, компактные отсеки приводов; линейные приводы систем управления скоростных летательных аппаратов.
- Подробности — в закрытом приложении по запросу.

Литеры и испытания

По ключевым специзделиям пройдены госиспытания; присвоены литеры (в т. ч. О1). Изделия эксплуатируются в реальных условиях.

Закрытое приложение

Фотографии, характеристики и референсы спецпродукции предоставляются по запросу при наличии оснований.



PRINEM: электромашины + ЭЦз = единый привод

- PRINEM — проектирование электромоторов и генераторов на основе нового понимания физики электромагнитных взаимодействий: мощность +15–300 %, энергопотребление –15–40 %, класс IE4+/IE5, перегрузочная способность +50 %, рабочая температура –50 %.
- Пара «ЭЦ-редуктор + PRINEM-мотор» проектируется как один узел: мотор-редуктор в роторе, e-axle, интегрированные приводы.
- Эффект объединения технологий — до +70 % к эффективности оборудования: значения ТТХ, недоступные ведущим мировым производителям.



Электромашина семейства PRINEM

Мировой тренд: мотор и редуктор сливаются в один узел — у альянса готовы обе половины.

РАЗДЕЛ V

Экономика и партнёрство

Считаем не цену покупки, а стоимость жизненного цикла — по государственной методике



Экономика владения: пример станка-качалки

95 %

цена нового ЭЦ-редуктора от цены прототипа

-9 %

прямые расходы в год (масло, ремонт, энергия)

15 → 1

дней простоя в год

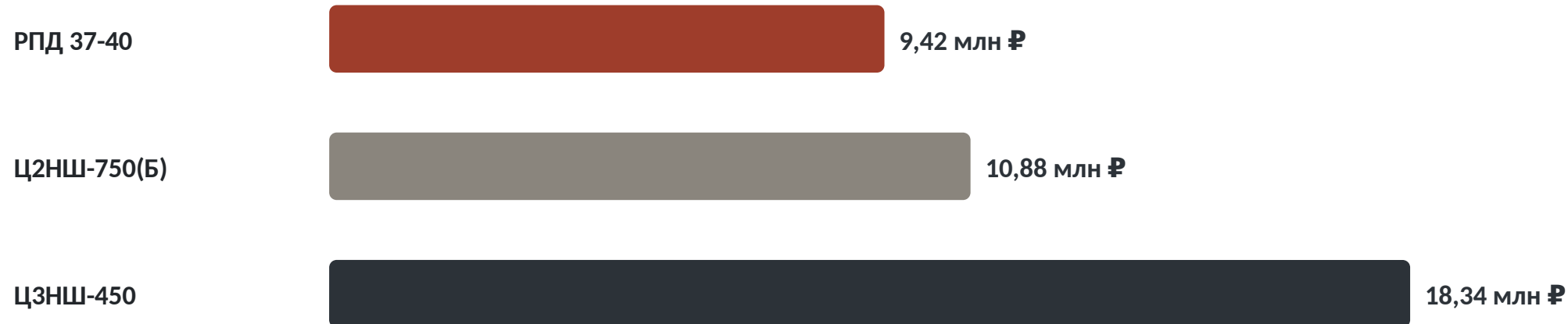
15 лет

срок службы против 10

Главные деньги — в простоях: потери добычи на простоях 609 583 ₪ в год против 10 606 750 ₪ у прототипа — эффект ≈ 10 млн ₪ в год на одну скважину.

- Обслуживание: замена масла раз в 3 года (против 2 раз в год); текущий ремонт раз в 6 лет (против 2,5 раз в год).
- На парке 10 000 качалок: -1,71 млрд ₪ прямых расходов в год, -1 млн литров масла, -87,6 млн кВт·ч; снижение потерь добычи — 1,95 млн баррелей в год (оценка).

Стоимость жизненного цикла — по гос-методике



СЖЦ на 1 единицу, дисконтировано, 25 лет

≈ 8,9 млн руб.

экономия на единицу против Ц3НШ-450

не наша методика

расчёт по нормативу Минэкономразвития — спорить не с нами

«Купить дешевле» / «владеть дешевле»: за 25 лет устаревший редуктор обходится вдвое дороже нового.



Почему сейчас: три волны спроса

Локализация по закону

ПП № 1002 от 10.08.2026: доля иностранных комплектующих в судовом оборудовании $\leq 45\%$ уже с 2026, $\leq 25\%$ с 2029, права на РКД от 5 лет, сборка и испытания в России. Аналогичные программы — в атомной отрасли, БПЛА (нацпроект БАС), на ж/д (ВСМ-2028).

Энергия дороже железа

Мировой стандарт смещается к IE5 и приводам с минимальными потерями; в механизированной добыче побеждают энергоэффективные приводы. Решения с КПД 99+ % и ресурсом $\times 2-6$ выигрывают по стоимости жизненного цикла.

Бум точной механики

Робототехника требует точных редукторов миллионами штук по цене в разы ниже нынешней; мир мигрирует от волновых передач к циклоидным схемам. ЭЦ-ПЦР — следующий шаг этой миграции: одна ступень, обычные станки.

ЭЦ-зацепление попадает во все три волны одновременно — редкая позиция для российской инженерной школы.



Как мы работаем с заказчиком

1 • Инжиниринг под задачу

НИОКР и конструкторская документация под ваш момент, ресурс и габарит: расчёт по фирменной модели, эскизный и технический проект, авторский надзор.

2 • Опытный образец и испытания

Изготовление на опытном производстве в Томске или на вашей площадке; стендовые и полевые испытания по согласованной программе.

3 • Серия или лицензия

Серийные поставки в кооперации — либо лицензия и трансфер технологии на ваш завод: модель «Тяжмаша», который сам освоил выпуск ЭЦ-шестерён.

- Дорожная карта типового проекта: соглашение → прототип → испытания и сертификация → пилотная партия → серия.
- Экономическое обоснование — расчёт стоимости жизненного цикла по вашим данным за одну встречу.



— ОБЪЕДИНЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ И КОМПОНЕНТОВ

СОБРАНО В СИСТЕМУ

Готовы посчитать эффект ЭЦ-зацепления для вашей задачи —
от замены зубчатой пары до колонки 10 МВт.

АО «ОМСК» — Объединение Машиностроительных Систем и Компонентов

ЗАО «Технология Маркет» — наука и патенты · ООО «Технология Маркет» — инжиниринг и производство (Томск)

omsk.group · +7 (928) 763-64-25
info@omsk.group

Технология ЭЦ® · Соглашение о стратегическом партнёрстве · 2026