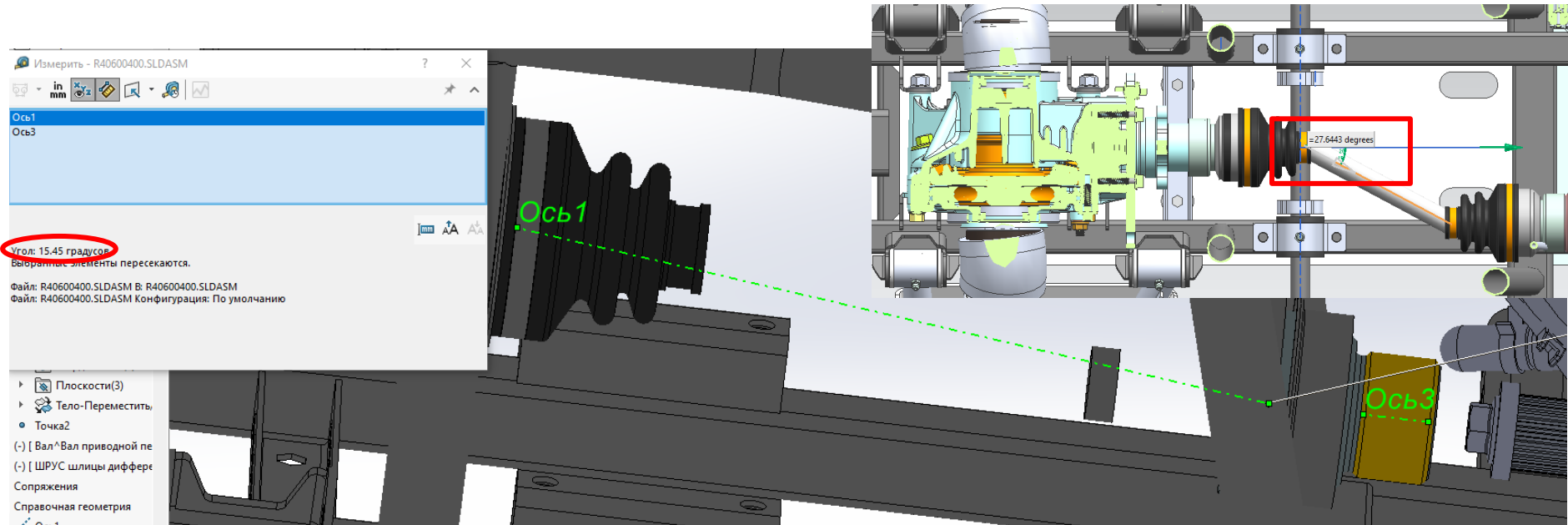


ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ

**ПО ПРОБЛЕМЕ ВЫХОДУ ИЗ СТРОЯ (ПЕРЕГРЕВА) ШРУСа
0500A-RM-H-061000 ВАЛ КАРДАНЫЙ ЗАДНИЙ RM800T**

1. The maximum swing angle of the fixed-end ball cage universal joint is 46° . The maximum swing torque of the fixed end: 12N.m. The swing is flexible without jamming.
2. The minimum static torsional strength is 1530N.m.
3. Axial clearance: Under $\pm 100\text{N}$ axial force of the drive shaft, the axial clearance of the fixed end $\leq 0.65\text{mm}$.
4. Circumferential clearance: Under $\pm 10\text{N.m}$ torque in the rotational direction of the drive shaft, the circular rotation angle clearance $\leq 1.5^{\circ}$.
5. Pull-off force requirement: Under the 2000N axial tensile force, the intermediate shaft is not allowed to come out of the universal joint.
6. Service life: 10000 kilometers or not losing efficacy within 1 year of use.
7. During assembly, inject an appropriate amount of Molybdenum disulfide lithium grease into the dust cover of the fixed-end ball cage universal joint, and inject an appropriate amount of Aerospace Lithium Grease into the dust cover of the mobile-end ball cage universal joint.
8. For the dust cover of the ball cage universal joint that can move axially, when assembled and locked with the clamp, it should ensure the same internal and external air pressure.
9. The appearance of the assembly is neat. The bearing stop and oil seal stop surfaces are anti-rust treated. Use a matching film bag of appropriate length for sealing packaging.
10. Mark the middle of the exposed part of the intermediate shaft (in bold 12-size font), including contents: User drawing number + production date.
11. Parts 1 and 3 can be sent separately and do not need to be assembled.

1. Максимальный угол поворота универсального шарнира с шаровой опорой с неподвижным концом составляет 46° . Максимальный крутящий момент поворота неподвижного конца: 12 Н.м. Поворот гибкий, без заклинивания.
2. Минимальная статическая прочность на кручение составляет 1530 Н.м.
3. Осевой зазор: При осевом усилии приводного вала $\pm 100\text{ Н}$ осевой зазор неподвижного конца составляет 0,65 мм.
4. Зазор по окружности: При крутящем моменте $\pm 10\text{ Нм}$ в направлении вращения приводного вала зазор по углу поворота по окружности составляет $< 1.5^{\circ}$.
5. Требуемое усилие отрыва: При осевом растягивающем усилии 2000 Н промежуточный вал не должен выходить из универсального шарнира.
6. Срок службы: 10000 километров или без потери эффективности в течение 1 года использования.
7. Во время сборки впрысните соответствующее количество литиевой смазки на основе дисульфида молибдена в пылезащитный чехол универсального шарнира с шаровой опорой неподвижного конца и впрысните соответствующее количество аэрокосмической литиевой смазки в пылезащитный чехол универсального шарнира с шаровой опорой подвижного конца.
8. Что касается пылезащитной крышки универсального шарнира шаровой опоры, которая может перемещаться в осевом направлении, то при сборке и фиксации зажимом она должна обеспечивать одинаковое внутреннее и внешнее давление воздуха.
9. Внешний вид узла аккуратный. Поверхности упора подшипника и сальника обработаны антикоррозийным средством. Для герметизации упаковки используйте пакет из пленки соответствующей длины.
10. Отметьте середину открытой части промежуточного вала (жирным шрифтом 12-го размера), включая содержание: Номер чертежа пользователя + дата изготовления.
11. Детали 1 и 3 могут быть отправлены отдельно и не нуждаются в сборке.



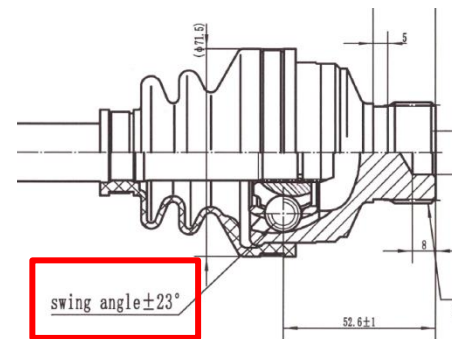
Рабочий угол* ШРУСа 0500A-RM-H-061000 Вал карданный задний RM800T

* по электронной модели

По чертежу угол качения $\pm 23^\circ$.

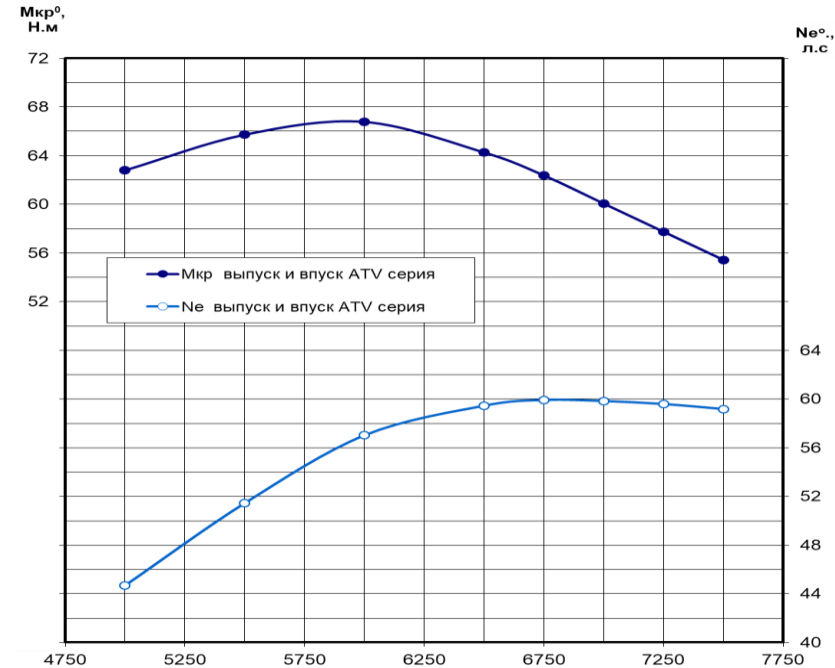
В 3Д модели угол $27,6^\circ$.

По факту $15,45^\circ$.

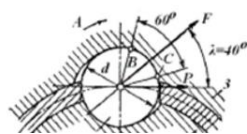


Номинальные параметры

ODES 800cc				
Максимальный крутящий момент двигателя, Нм	71			
Передаточное отношение вариатора	0.71-3.1			
Передаточное отношение L	2,150	20	43	5,292
Передаточное отношение H	1,172	29	34	2,886
Передаточное отношение R	2,067	15	31	5,087
Угловая передача	2,462	13	32	
Максимальный крутящий момент на входе в ГП, Нм	1 165			
Передаточное отношение ГП	3,667	9	33	



$T_{д, \max} := 71 \text{ Нм}$ максимальный момент двигателя ODES 800
 $\omega_{д, \max} := 7200 \text{ rpm}$ максимальный обороты двигателя ODES 800
 $i_{в, \max} := 3,1$ максимальное передаточное отношение вариатора ODES 800
 $i_{к, \max} := 5,292$ максимальное передаточное отношение коробки ODES 800
 $i_{уг} := 3,7$ передаточное отношение угловой передачи
 $K_{д, \text{ном}} := [2, 5 \dots 3, 0]$ коэффициент динамичности для полноприводных машин
 $i := i_{в, \max} \cdot i_{к, \max} = 16,41$ суммарное передаточное отношение вариатора и КПП
 $r_k := 330 \text{ мм}$ радиус колеса PM800T
 $m := 720 \text{ кг}$ полная масса PM800T



$R = 20 \text{ мм}$ радиус расположения шариков
 $d = 12,5 \text{ мм}$ диаметр шарика
 $n = 6$ число шариков

угол между окружным усилием F и нормальным усилием между контактными поверхностями шарика и канавками обеих ободов N (F)
 $\lambda = 40^\circ$

□ — Расчет по двигателю

$$\omega_{крд, д} := \frac{\omega_{д, \max}}{i} = 438,89 \text{ rpm} \quad \text{обороты карданной передачи после двигателя}$$

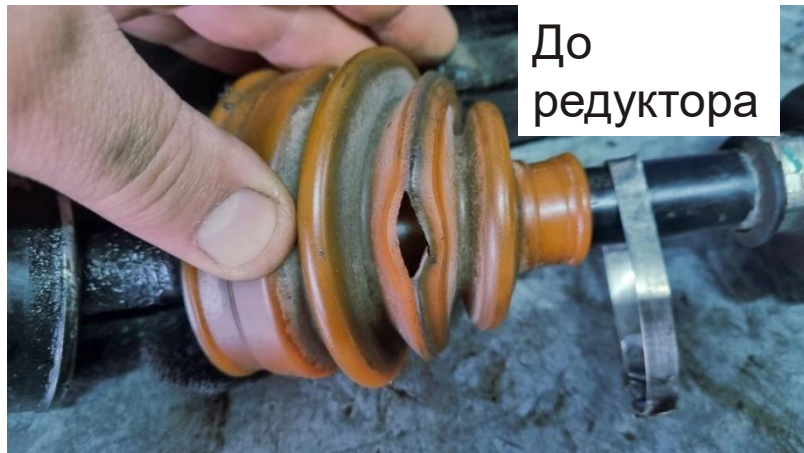
$$T_{крд, д} := T_{д, \max} \cdot i = 1164,77 \text{ Нм} \quad \text{момент на карданной передаче после двигателя}$$

Передаточное отношение вариатора	0.71-3.1
Передаточное отношение КПП	
Передаточное отношение L	5.292
Передаточное отношение H	2.886
Передаточное отношение R	5.087

Максимальный крутящий момент, передаваемый задним приводным валом

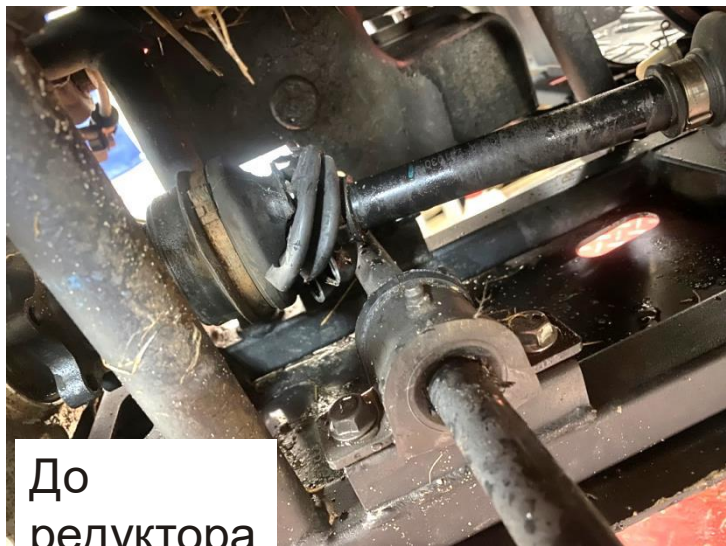
$$T_{\max} = T_{дв} \times i_{вар} \times i_{кпп} = 67 \times 3.1 \times 5.292 = 1099.2 \text{ Нм}$$

До
редуктора



До
редуктора

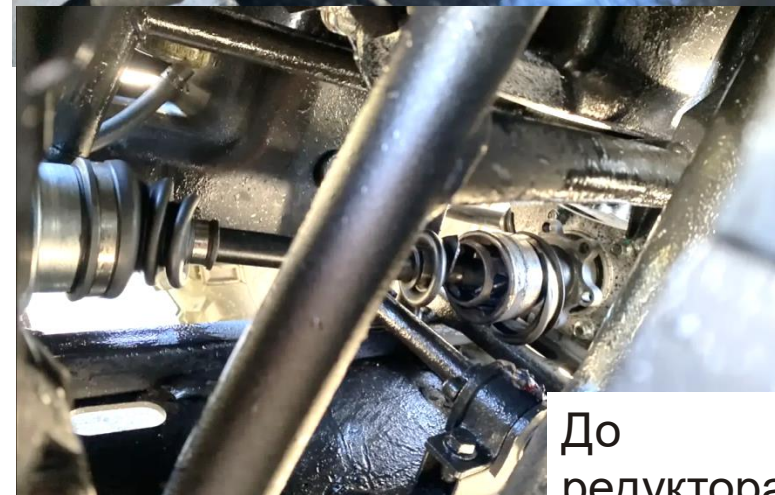




До
редуктора



После
редуктора



На фотографиях видно, что разрушение приводных валов происходит как в основном перед редуктором (внутренний вал) , так и за ним (наружный вал).

Обороты внутреннего вала в 3,667 раза больше чем наружных (на величину передаточного отношения редуктора), а крутящий момент в 1,83 раза меньше ($3,667/2$).

Из выше приведенного расчета следует, что момент на выходном валу раздаточной коробки 800 Н*м.

На валах привода переднего и заднего редукторов крутящий момент 250 и 550 Н*м соответственно (min static torsional strength is 1530 Н*м).

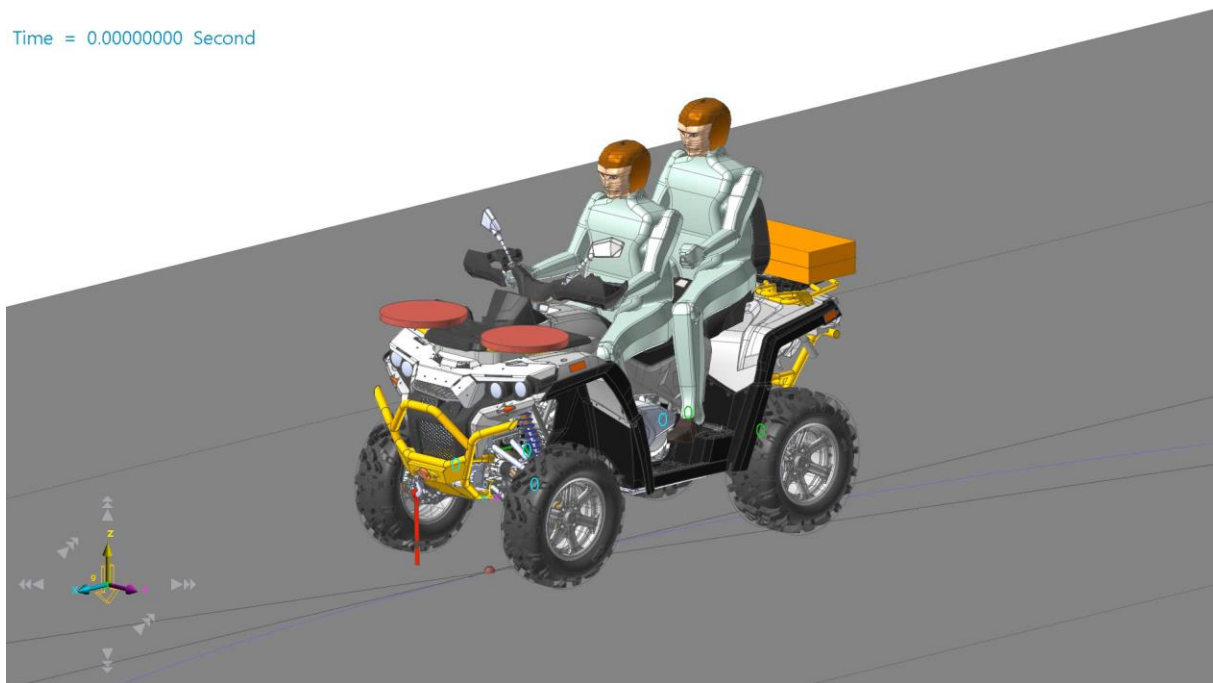
На наружных валах привода колес крутящий момент составляет 1000 Н*м на каждом (min static torsional strength is 2000 Н*м).



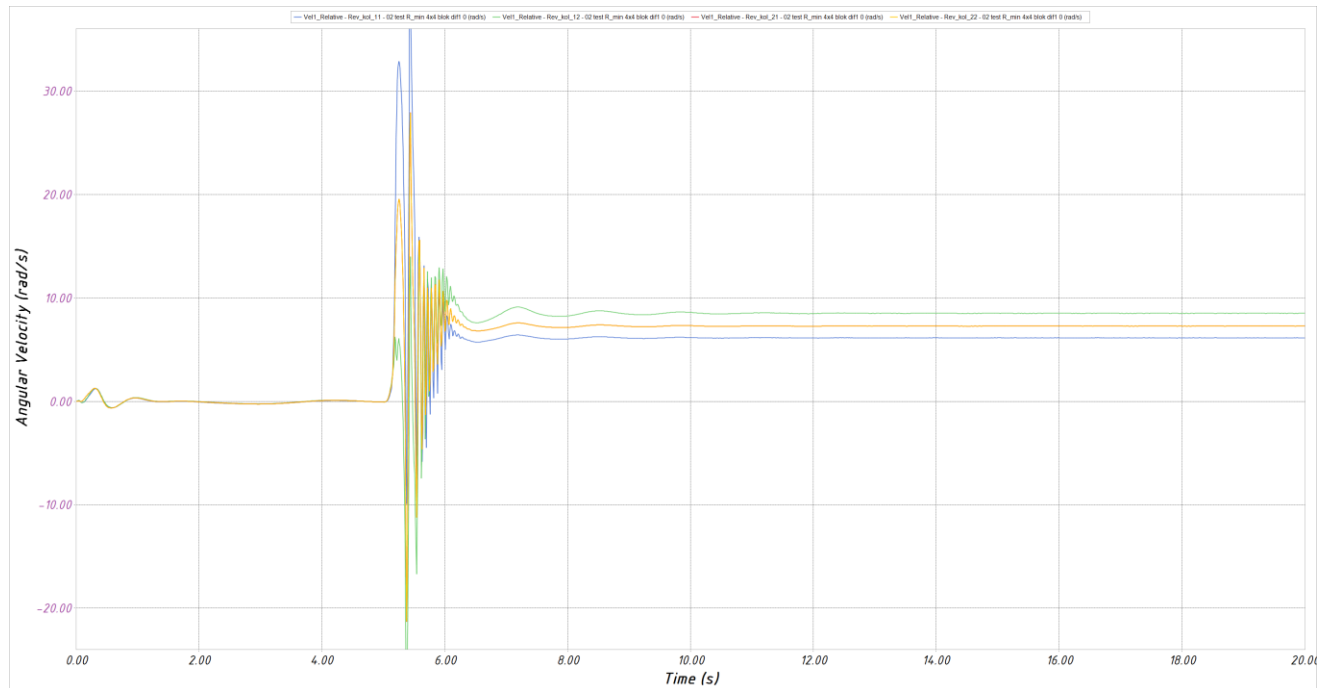
ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Передний мост подключен, передний дифференциал

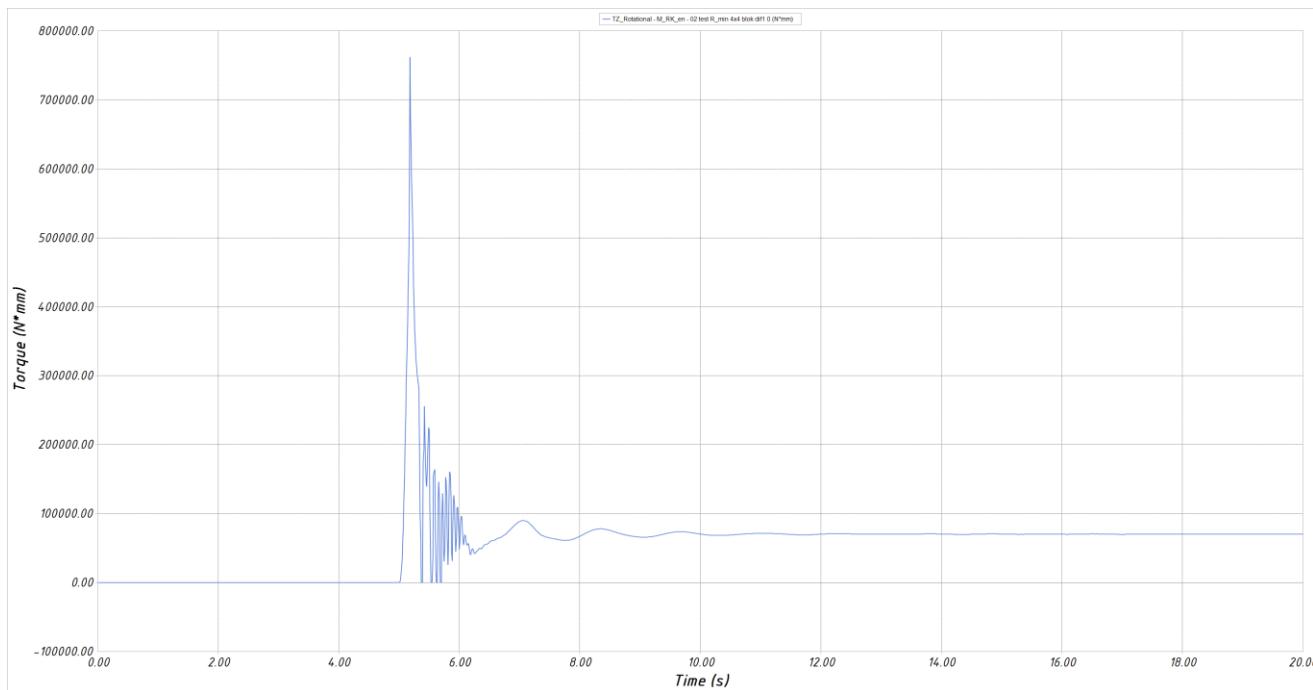
Time = 0.00000000 Second



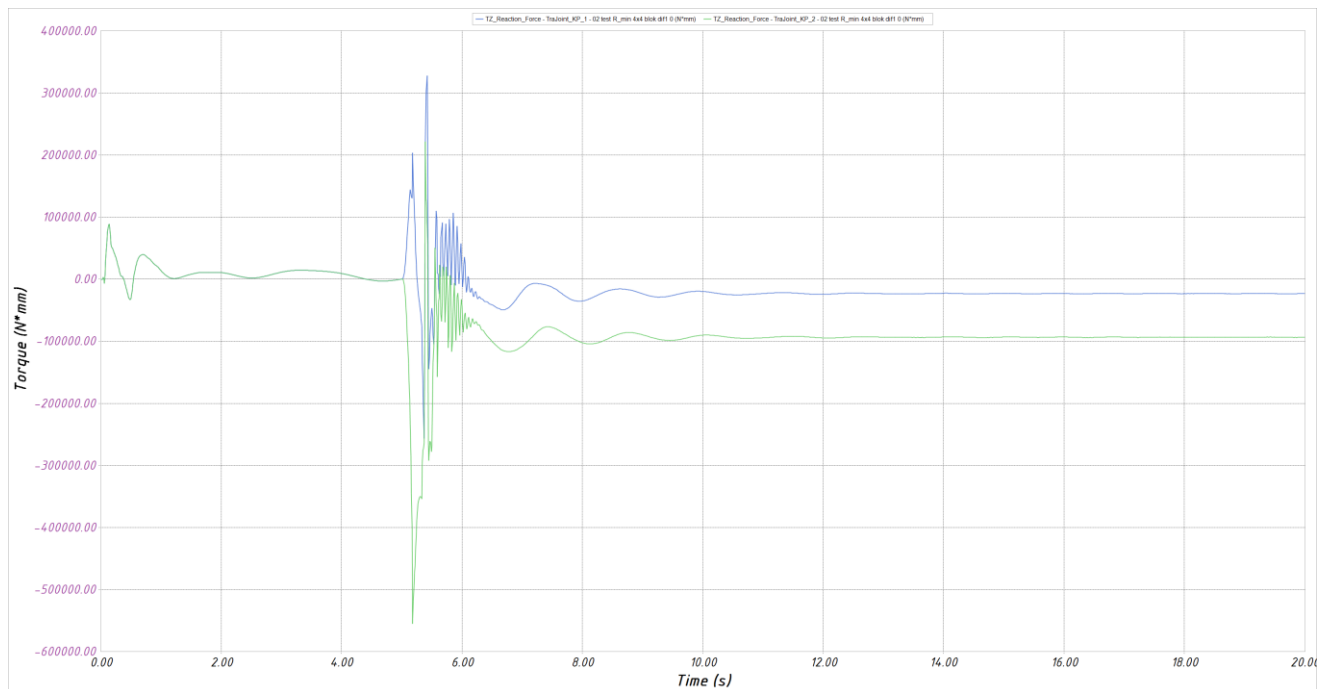
УГЛОВЫЕ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ВЕДУЩИХ КОЛЕС



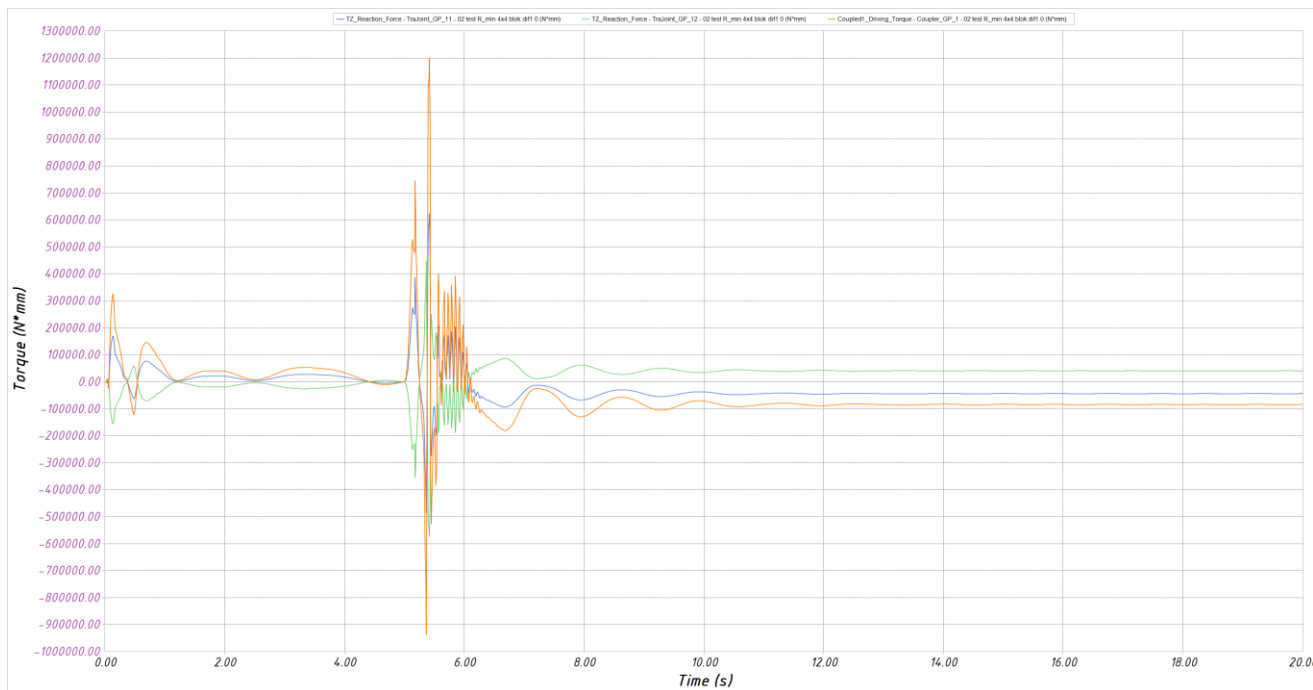
КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ НА ВЫХОДНОМ ВАЛУ РК, Н*ММ



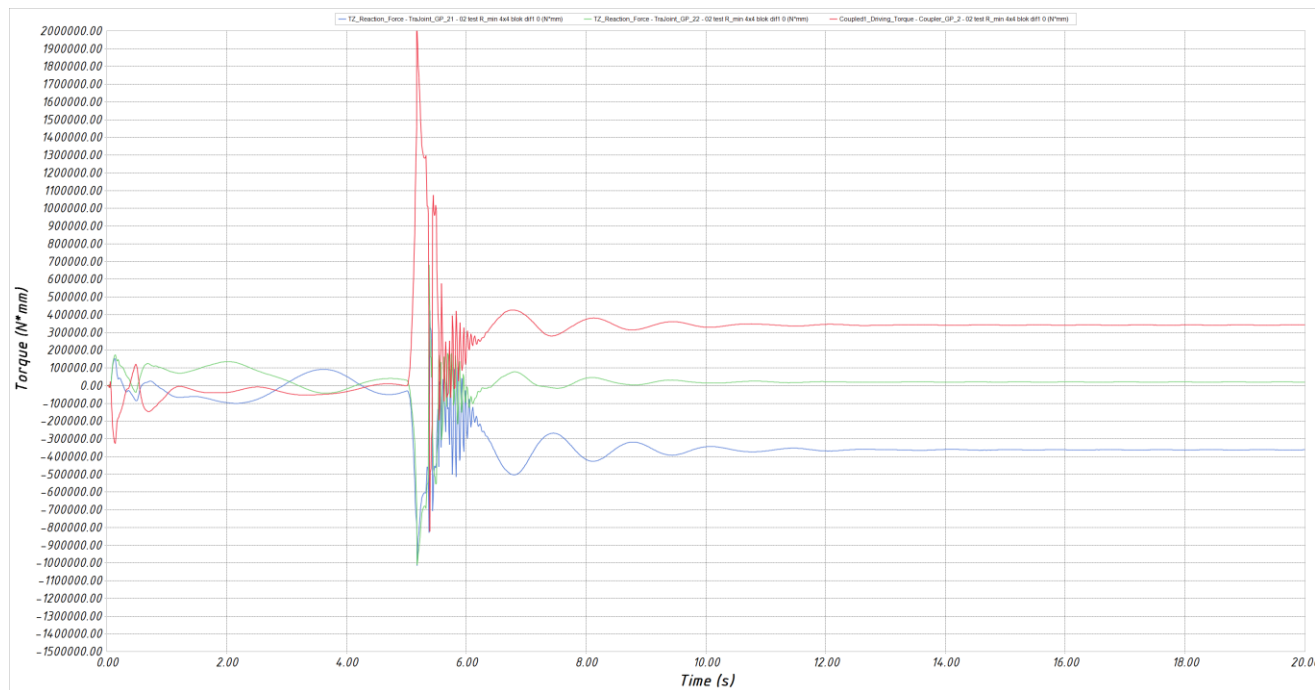
КРУТЯЩИЕ МОМЕНТЫ НА ВАЛАХ ПРИВОДА ГЛАВНЫХ ПЕРЕДАЧ, Н*ММ



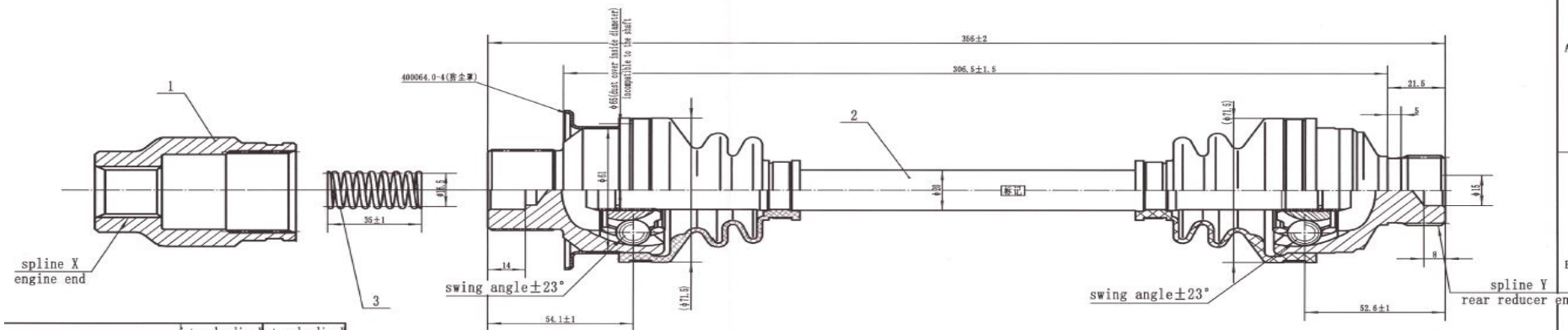
КРУТЯЩИЕ МОМЕНТЫ НА ВАЛАХ ПРИВОДА ПЕРЕДНИХ КОЛЕС И КОРПУСЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛА, Н*ММ



КРУТЯЩИЕ МОМЕНТЫ НА ВАЛАХ ПРИВОДА ЗАДНИХ КОЛЕС И КОРПУСЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛА, Н*ММ



Оценка прочности ШРУС черт. 82135607100



		internal spline	external spline
standards and specifications		GB/T 3478-2008	JIS D2001
mesh root type and mating form		平齿根, 齿顶配合	gear flank engagement
number of teeth	Z	18	26
modules	m	1.27	1.25
pressure angle	α_n	30°	20°
addendum circle diameter	D	$\phi 22.86$	$\phi 32.5$
base circle diameter	D _b	$\phi 19.797$	$\phi 30.54$
modification coefficient	X	-0.1028	0.8

技术要求

1. The maximum swing angle of the fixed-end ball cage universal joint is 46° . The maximum swing torque of the fixed end: 12N.m. The swing is flexible without jamming.
2. The minimum static torsional strength is 1530N.m.
3. Axial clearance: Under $\pm 100\text{N}$ axial force of the drive shaft, the axial clearance of the fixed end $\leq 0.65\text{mm}$.
4. Circumferential clearance: Under $\pm 10\text{N.m}$ torque in the rotational direction of the

APPROVED
JSC «Russkaya Mekhanika»
Chief Designer
date 01.08.24 signature Chirya

- /Sergei Molodenzov/
JSC "RM" Chief Designer

Передаточные числа трансмиссии

Сила	Формула
Тангенциальная F_t	$F_t = T/R$
Осевая F_a	$F_t \cdot \tan \alpha$
Радиальная F_r	$F_t \cdot \sin \alpha$
Полная сила $F_{\text{полн}}$	$(F_t^2 + F_a^2 + F_r^2)^{0.5}$

№	Наименование	Значение
1	КП: повышенная передача	2.886
	пониженная передача	5.292
	задний ход	5.087
2	Вариатор	0.7...3.1
3	Передаточное отношение ГП	3.667

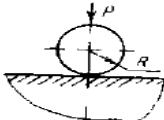
Максимальный момент на двигателе $M_{\text{кр}} = 6,7 \text{ кгс} \cdot \text{м}$ ($67 \text{ Н} \cdot \text{м}$)

Нагрузка на один шарик ШРУС при максимальном передаваемом моменте $M_{\text{кр}} = 110 \text{ кгс} \cdot \text{м}$, $i_{\text{кп}} = 5,292$, $i_{\text{вар}} = 3,1$

Параметр	Обозначение	При угле $\alpha = 0^\circ$	При угле $\alpha = 15,4^\circ$
Тангенциальная сила	F_t	920 кгс	920 кгс
Осевая сила	F_a	0 кгс	250 кгс
Радиальная сила	F_r	0 кгс	250 кгс
Полная сила	F_{total}	920 кгс	980 кгс
Увеличение полной силы	—	-	+7,1%

Напряжения (давления) в зоне контакта шарика и обоймы

3. Основные соотношения для задач о контакте тел сферической формы

№ по пор.	Эскиз контактирующих тел	Максимальное давление (напряжение) в зоне контакта $q_{\max}$	
1		$0.918 \sqrt[3]{\frac{F}{4R^2 (\theta_1 + \theta_2)^2}}$	0.

И.А. Биргер
Б.Ф. Шорр
Г.Б. Иосилевич

Расчет
на прочность
деталей
машин

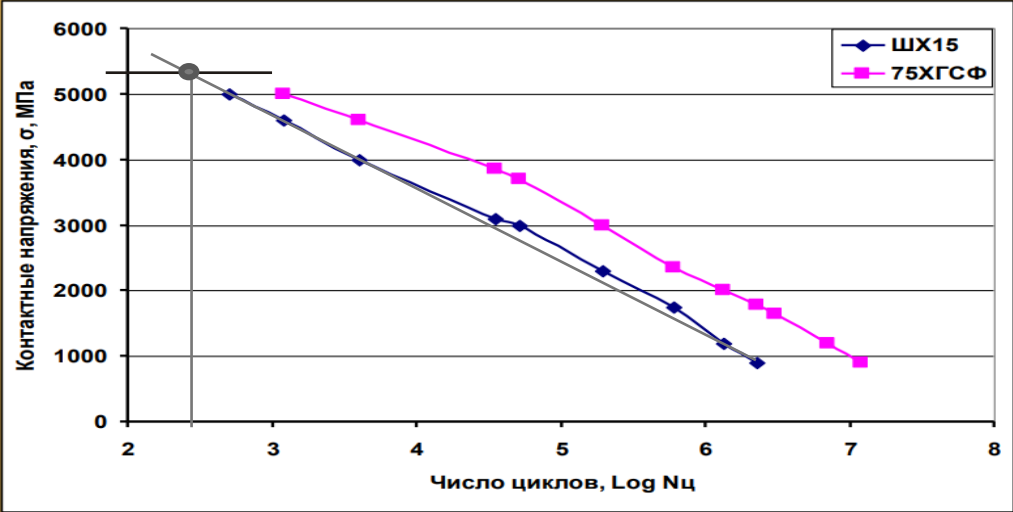
СПРАВОЧНИК
4-е издание,
переработанное и дополненное


МОСКВА
(МАШИНОСТРОЕНИЕ)
1993

Параметр	Обозначение	При угле $\alpha=0^\circ$	При угле $\alpha=15,4^\circ$
Расчетное контактное давление (напряжение)	$q_{\max}$	5200 МПа	5300 МПа
Предельное контактное напряжение (Остаточная деформация 0,0001d)		4200 МПа	

Чтобы контактные напряжения не превышали предельных, максимальный крутящий момент передаваемый ШРУС не должен превышать 55 кгс*м.

Зависимость числа циклов от контактных напряжений для сталей ШХ15 и 75ХГСФ



При максимальной частоте вращения вала 365 об/мин за 16 секунд будет совершено 100 оборотов

Log Nц	Nц (оборотов)	Время, минут	Время, часов	Примерно
2,0	100	0,27 мин	0,0046 ч	~16 секунд
2,5	316	0,87 мин	0,0144 ч	~52 секунды
3,0	1 000	2,74 мин	0,046 ч	~3 минуты
4,0	10 000	27,4 мин	0,46 ч	~27 минут
5,0	100 000	274 мин	4,57 ч	~4,5 часа
6,0	1 000 000	2 740 мин	45,7 ч	~2 суток
7,0	10 000 000	27 400 мин	456,6 ч	~19 суток

При контактном давлении 5300 МПа ресурс ШРУС составит меньше 1 минуты.

ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»
105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 9/23, chernmet@chernmet.net

Институт качественных сталей
Директор ИКС Г.А. Филиппов

Разработка состава и ресурсосберегающей технологии производства подшипниковой стали повышенной эксплуатационной стойкости

Расчётное контактное давление
составит для шариков диаметром:

- 17 мм $q_{\max} = 3600$ МПа,
- 19 мм $q_{\max} = 3300$ МПа,

Таблица 2.21. Размеры (мм) и параметры муфты синхронной шариковой (рис. 2.32)

T , Н·м	Разрушающий вращающий мо- мент, Н·м	d_1	$n_{\max}$, об/мин	d	D	$2R$	l_2
1 060	3 450	24	6000	17	85	60	14
1 500	4 370	25	5000	19	93	65	18
1 750	5 060	28	4000	20	102	71	18
2 300	6 900	32	3500	22	110	76	20
3 000	7 400	35	3000	25	120	85	21
4 150	9 800	38	2500	27	133	93	24

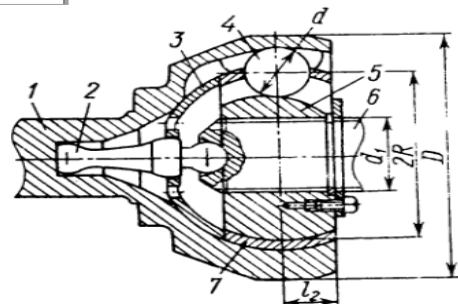


Рис. 2.32. Синхронная шариковая муфта с обоймой, выполненной вместе с валом

По результатом расчета получено, что:

- Угол излома $\alpha=15,4^\circ$ увеличивает полную нагрузку на шарик на 7%, что не критично,
- Максимальное расчетное давление в зоне контакта шарика и обоймы составляет $q_{\max} = 5300$ МПа, что выше допустимого 4200 МПа,
- Расчетный ресурс при давлении $q_{\max} = 5300$ МПа составляет менее 1 минуты (при частоте вращения вала 365 об/мин и передаваемом моменте 110 кгс*м,
- Для того, чтобы контактные давления не превышали допустимых момент на ШРУС не должен превышать 55 кгс*м.
- Для обеспечения работы ШРУС требуется увеличение его типоразмера. Это приведет к уменьшению силы действующей на шарик (кубическая зависимость на $q_{\max}$), увеличению диаметра шарика (квадратичная зависимость на $q_{\max}$).

Для ШРУС с шариками диаметром 17 мм контактное давление составит $q_{\max} = 3600$ МПа, что ниже допустимого.