



Технические требования на разработку задней карданной передачи с ШРУСами для снегоболотоходов РМ 800Т и РМ 800 6х6



Конструкция карданной передачи,
принятая на рассмотрение (в качестве примера)

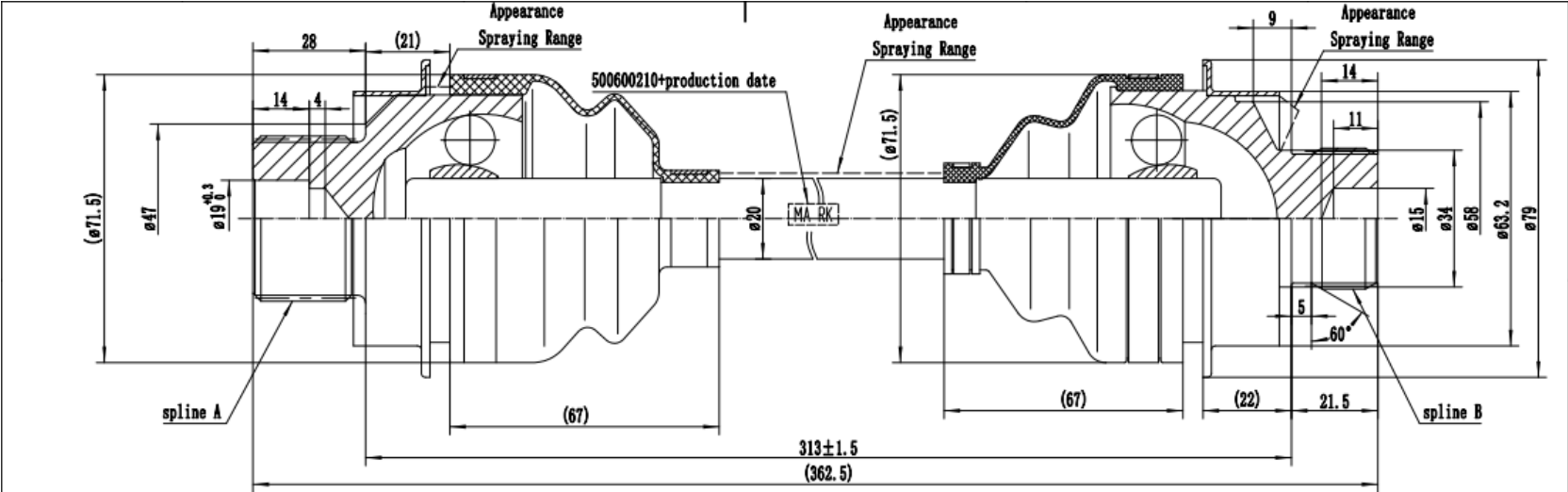


Table with 3 columns: Specification/Requirement, External A, and spline B. Rows include standards (GB/T 3478-2008), tooth types, number of teeth, module, pressure angle, pitch diameter, base diameter, variation coefficient, minor diameter, major diameter, spline start diameter, maximum actual thickness, minimum actual thickness, maximum action thickness, minimum action thickness, tool roundness radius, pin diameter, M-value, tooth distance accumulation tolerance, tooth direction tolerance, tooth runout, and assembly part code.

Technical Requirements

- 1. Fixed - and CV joint: Max swing angle 46°, max swing torque 5N·m, swing flexibly without jamming.
- 2. Min static torsion strength: 1530N·m.
- 3. Axial clearance: With ±100N axial force on drive shaft, fixed - and axial clearance ≤ 0.05mm.
- 4. Circumferential clearance: With ±10N torque on drive, circumferential angle clearance ≤ 1.5°.
- 5. Pull - off force: With 2000N axial tension on drive shaft, intermediate shaft mustn't detach from CV joint.
- 6. Service life: No failure within 10,000 kilometers or 1 year of use.
- 7. Grease filling: (1) Fixed CV joint: Fill Great Wall TBF - B grease, total 30(±15/-5)g; 20±5g in joint, 10(±10/0)g in sleeve. (2) Movable CV joint: Fill Great Wall TBF - B grease, total 30(±15/-5)g; 20±5g in joint, 10(±10/0)g in sleeve.
- 8. Dust cover of axially movable CV joint: Lock with clamp during assembly, ensure internal & external air pressure equal.
- 9. Assembly: Most appearance; bearing & oil seal gears surface rust - proof; use matching - length opaque bag for sealed packaging.
- 10. As per order requirements, mark the middle of the exposed intermediate shaft (bold 12-point font) with content: 500600210 + production year and month (each represented by two digits).

Table with 4 columns: Revision Number, Revision Number, Revision Date, and Revision Description. It includes a table for revision details (共 1 张, 第 1 张, 图纸版本号 A01, 设计, 校对, 工艺, 标准化, 批准) and a table for assembly details (阶段标记, 重量, 比例 1:1, 图纸代号 500600210, 物料编码 6040100025).

Определение максимального крутящего момента по двигателю

Максимальный крутящий момент на карданном валу по двигателю определяется с помощью формулы:

$$M_{кр} := M_e \cdot i_v \cdot i_{кпп}$$

$$M_e := 70,8 \text{ Н м}$$

максимальный крутящий момент двигателя

$$i_v := 3,1$$

передаточное отношение вариатора

$$i_{кпп} := 5,842$$

передаточное отношение коробки передач

$$M_{кр} = 1282,2022 \text{ Н м}$$

Расчет производится в соответствии с максимальным передаточным отношением КПП от РМ 800 6х6 с целью унификации и использования карданных передач одинаковой конструкции для РМ 800Т и РМ 800 6х6.

Определение максимального крутящего момента, реализуемого на колесах по сцеплению.

Расчет максимального крутящего момента реализуемого на колесах по сцеплению выполняется по формуле:

$$M_{max} := G \cdot g_s \cdot \varphi \cdot r$$

$r := 0,33$ м радиус колеса

$G := 1155 \cdot \frac{4}{6}$ кг масса приходящаяся на задние колеса

$\varphi := 0,9$ коэффициент сцепления

$M_{max} = 2242,6828$ Н м

Максимальный крутящий момент, передаваемый карданным валом по условию сцепления колес вычисляется по формуле:

$$M_{кр} := \frac{M_{max}}{i_{гп}}$$

$i_{гп} := 3,67$ передаточное отношение главной передачи

$M_{кр} = 611,0852$ Н м

Расчет производится в соответствии с массой и колесной формулой от РМ 800 6х6 с целью унификации и использования карданных передач одинаковой конструкции для РМ 800Т и РМ 800 6х6, т.к. реализуемый момент на колесах по сцеплению прямо пропорционален массе машины.

В дальнейших расчетах используется крутящий момент карданного вала, полученный по сцеплению колес. При передаче карданным валом крутящего момента выше 611 Нм происходит пробуксовка колес, в следствии этого коэффициент сцепления стремится к нулю, крутящий момент падает [7].

Использование максимального крутящего момента по двигателю конструктивно и экономически нецелесообразно.

Расчет серийного ШРУСа карданной передачи

Исходные данные РМ 800 6х6: и РМ800Т

$M_{кр} := 611 \text{ Н м}$ крутящий момент на карданном валу

$n := 6$ число шариков ШРУСа

$R := 0,0195 \text{ м}$ радиус расположения шариков ШРУСа

$d := 0,0125 \text{ м}$ диаметр шариков ШРУСа

Определение окружного усилия на один шарик ШРУСа [3]:

$$F_t := \frac{M_{кр}}{n \cdot R} = 5222,2222 \text{ Н}$$

Нормальная сила смятия на один шарик [3]:

$$F_n := \frac{F_t}{\cos(45^\circ)} = 7385,3375 \text{ Н}$$

Допустимая нормальная сила смятия на один шарик [3]:

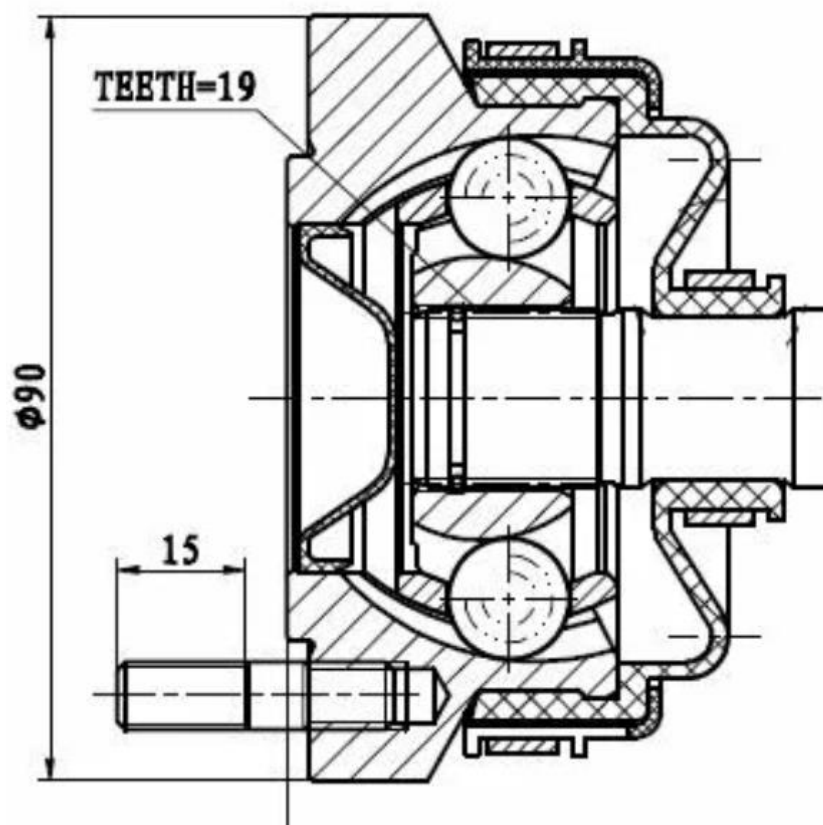
$$F_d := 26,6 \cdot 10^6 \cdot d^2 = 4156,25 \text{ Н}$$

Условие прочности не выполняется. Коэффициент запаса 0,56.

Произведен расчет серийного ШРУСа в соответствии с крутящим моментом на карданом валу по сцеплению от РМ 800 6х6.

Установлено превышение допустимых нагрузок в 1,8 раз.

Расчет ШРУСа ВАЗ 2123 для карданной передачи



$$M_{кр} = 611 \text{ Н м}$$

$$n := 6 \text{ [число шариков ШРУСа]}$$

$$R := 0,0239 \text{ м [радиус расположения шариков ШРУСа]}$$

$$d := 0,0142 \text{ м [диаметр шариков ШРУСа]}$$

Определение окружного усилия на один шарик ШРУСа [1]:

$$F_t := \frac{M_{кр}}{n \cdot R} = 4260,8368 \text{ Н}$$

Нормальная сила смятия на один шарик [1]:

$$F_n := \frac{F_t}{\cos(45^\circ)} = 6025,7332 \text{ Н}$$

Допустимая нормальная сила смятия на один шарик [1]:

$$F_{д} := 26,6 \cdot 10^6 \cdot d^2 = 5363,624 \text{ Н}$$

$$k := 0,9 \text{ [коэффициент запаса прочности]}$$

Условие прочности не выполняется. Нормальная сила смятия на один шарик превышена в 1,1 раз.

Расчет требуемого ШРУСа

Отношение диаметра расположения шариков к их собственному диаметру в серийном ШРУСе 3,12.

Для достижения выполнения условия прочности необходимо увеличивать диаметр расположения шариков и их собственный диаметр сохраняя отношение.

Примем $d_H := 0,016 \text{ м}$ новый диаметр шариков

тогда

$$R_H := \frac{d_H \cdot 3,12}{2} = 0,025 \text{ м}$$
новый радиус расположения шариков

Определение окружного усилия на один шарик ШРУСа [3]:

$$F_{тн} := \frac{M_{кр}}{n \cdot R_H} = 4079,8611 \text{ Н}$$

+

Нормальная сила смятия на один шарик [3]:

$$F_{пн} := \frac{F_{тн}}{\cos(45^\circ)} = 5769,7949 \text{ Н}$$

Допустимая нормальная сила смятия на один шарик [3]:

$$F_{дн} := 26,6 \cdot 10^6 \cdot d_H^2 = 6809,6 \text{ Н}$$

Условие прочности выполняется. Коэффициент запаса 1,2.

Расчет вала карданной передачи

Максимальную частоту вращения карданного вала, соответствующую максимальной скорости автомобиля, рассчитывают по формуле [1]:

$$n_{\max} := \frac{n_N \cdot k}{i_z}$$

$$n_N := 8500 \text{ мин}^{-1}$$

Обороты двигателя на максимальной скорости 108 км/ч

$$i_z := 2,4$$

Передаточное число на повышенной передаче

$$k := 1$$

Поправочный коэффициент

$$n_{\max} := \frac{n_N \cdot k}{i_z} = 3541,6667 \text{ мин}^{-1}$$

Максимальные обороты карданного вала

$$M_x := 611 \text{ Н м}$$

Крутящий момент на карданном валу

$$D := 0,02 \text{ м}$$

Внешний диаметр вала

$$d := 0 \text{ м}$$

Внутренний диаметр вала

$$L_x := 0,235 \text{ м}$$

Длина вала

$$n_{\text{кр}} := 1,185 \cdot 10^5 \cdot \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{L_x^2} = 42915,3463 \text{ мин}^{-1}$$

Допускаемые максимальные обороты вала [1]

$$\gamma := 16^\circ$$

Угол работы карданной передачи

$$\tau_x := \frac{M_x}{0,2 \cdot D^3} = 381,875 \text{ МПа}$$

Напряжение на скручивание [1]

Условие прочности не выполняется. Коэффициент запаса прочности 0,8.

Примем $D_x := 0,022 \text{ м}$

тогда

$$n_{\text{кр}} := 1,185 \cdot 10^5 \cdot \frac{\sqrt{D_x^2 + d^2}}{L_x^2} = 47206,8809 \text{ мин}^{-1}$$

Допускаемые максимальные обороты вала [1]

$$\tau_x := \frac{M_x}{0,2 \cdot D_x^3} = 286,9083 \text{ МПа}$$

Напряжение на скручивание [1]

$$\tau_{\text{доп}} := 300 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется. Коэффициент запаса прочности 1.

Требования к карданной передаче с ШРУСами

Суммарная наработка на отказ:

1. Карданная передача должна обеспечивать ресурс **не менее 400 часов** (пробег 4000 км) при вращении 330 об/мин (скорость 10 км/ч) и при нагрузке $M_{кр} = 620$ Нм, без замены смазки.
(режим движения: пониженная передача)
2. Карданная передача должна обеспечивать ресурс **не менее 125 часов** (пробег 5000 км) при вращении 1200 об/мин (скорость 40 км/ч) и при нагрузке $M_{кр} = 350$ Нм, без замены смазки.
(режим движения: средняя скорость)
3. Карданная передача должна обеспечивать ресурс **не менее 50 часов** (пробег 5000 км) при вращении 3540 об/мин (скорость 108 км/ч) и при нагрузке $M_{кр} = 100$ Нм, без замены смазки.
(режим движения: максимальная скорость)

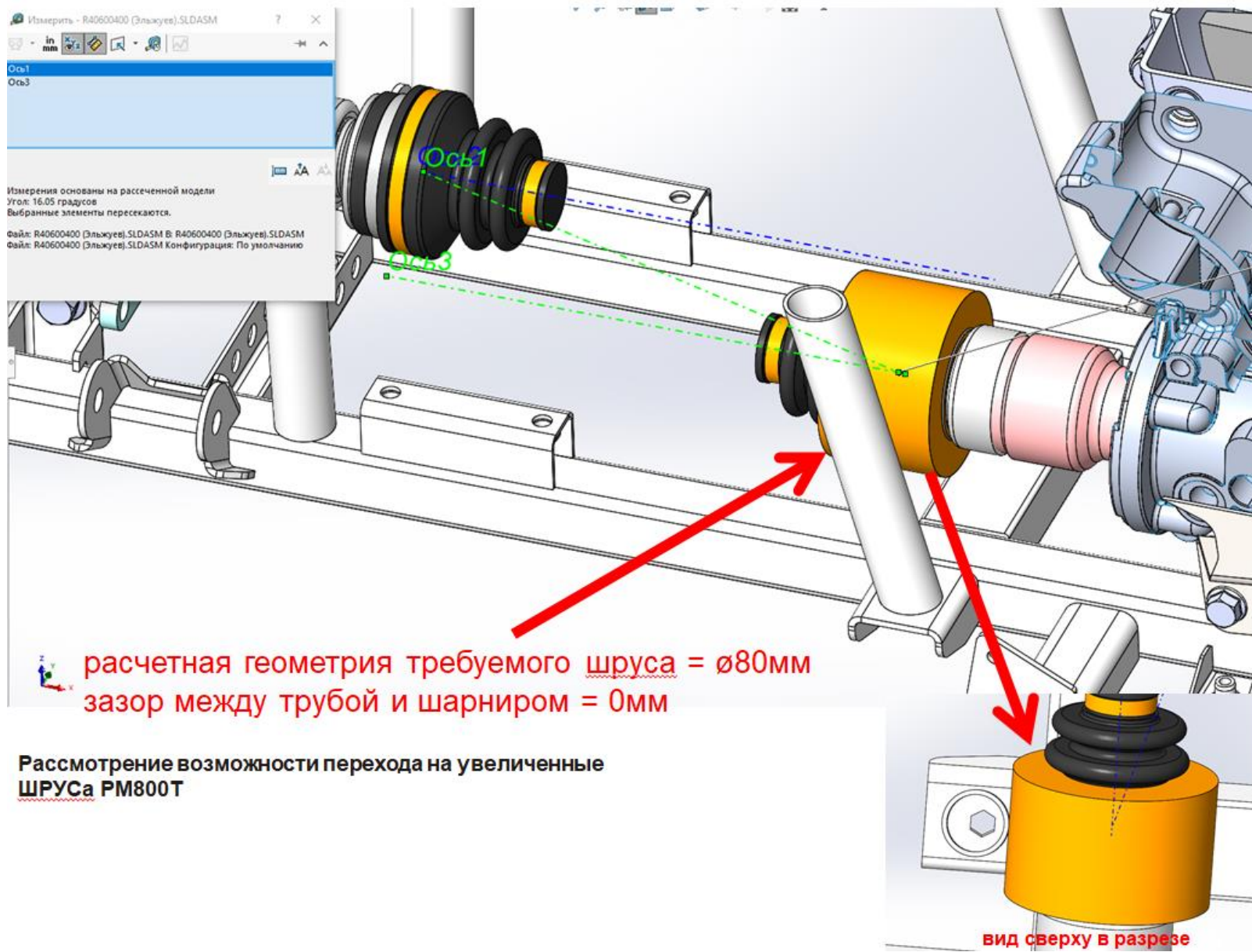
Условия проведения испытаний:

1. Угол работы карданной передачи 16°
(согласно максимальному углу работы карданной передачи на снегоболотоходе РМ 800Т)
2. Рабочий диапазон температур окружающей среды -20°C...50°C
(согласно требованиям 500000010ТЗ)
3. Резонансная частота собственных колебаний вала должна быть выше **870 об/мин**
4. В соответствии с ГОСТ 52924-2008

Конструкция карданной передачи:

1. Пыльники ШРУСов должны быть выполнены из полиуретана
2. Минимальный диаметр карданного вала **22 мм**, вал полнотелый
3. Минимальный диаметр шариков ШРУСа 16 мм при следующих условиях:
 - общее количество шариков 6 шт.
 - отношение диаметра расположения шариков к их собственному диаметру 3,12.
4. Масса одного шарнира должна быть $m \leq 1,20$ кг.

Пространственные ограничения компоновки



Список литературы

1. **Исайчев, В.Т.** Проектирование и расчет агрегатов и систем автотранспортных средств (трансмиссия) : методические указания / В.Т. Исайчев ; Оренбургский гос. ун-т. — Оренбург : ОГУ, 2013. — 93 с.
2. **Некрасов В. И.** Карданная передача : учебное пособие / В. И. Некрасов, Г. Н. Шпитко. — Курган ; Сургут : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2013. — 135 с.
3. **Кузьмин Ю. А.** Конструирование и расчет автомобиля. Расчет карданных передач : методические указания по выполнению курсовой работы для студентов специальности 19020165 «Автомобиле- и тракторостроение» / Ю. А. Кузьмин. — Ульяновск : Ульяновский государственный технический университет, 2008. — 29 с.
4. **Гусаков Н. В.** Конструкция автомобиля. Шасси : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Наземные транспортные системы» и специальности «Автомобиле- и тракторостроение» / Н. В. Гусаков, И. Н. Зверев, А. Л. Карунин [и др.] ; под общей редакцией А. Л. Карунина. — Москва : Московский государственный технический университет «МАМИ», 2000. — 528 с.
5. **ГОСТ 15.309-98.** Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения. — Введ. 2000-01-01. — Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; М. : Стандартиформ, 2008. — 10 с.
6. **ГОСТ 33669-2015.** Автомобильные транспортные средства. Передачи карданные автомобилей с шарнирами неравных угловых скоростей. Общие технические условия. — Введ. 2017-04-01. — М. : Стандартиформ, 2016. — 15 с.
7. **Прядкин В.И., Гудков В.В., Сокол П.А.** Анализ подходов по исследованию явления циркуляции мощности в трансмиссии полноприводного автомобиля // Лесотехнический журнал. 2019. №3 (35).