

УДК 621.713.2

EDN [GNJUB](#)



<https://www.doi.org/10.47813/mip.5.2023.9.69-74>

## Обоснование посадки с натягом выходного вала редуктора со звездочкой

Ю.Г. Вергазова, Д.А. Пупкова \*

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени  
К.А. Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127550, Россия

\*E-mail: bogolyubova@rgau-msha.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос обеспечения надежности цилиндрических соединений со шпонкой, которые получили наибольшее распространение в сельскохозяйственной технике, а также расчет посадки с натягом для редуктора Н090.20.000 АО «Моссельмаш». Надежность является одним из основных факторов, который обеспечивается не только трудо- и энергозатратами, но и эксплуатацией машин и агрегатов. В цепных передачах относительную неподвижность поверхностей обеспечивает шпонка, а посадки по нормативно-технической документации применяются с зазором или переходные. Это обеспечивает легкость сборки и разборки в полевых условиях при необходимости, но не задает гарантированного запаса работоспособности, что приводит к быстрому износу цилиндрического соединения со шпонкой, надежность которого обеспечивается допуски размеров и их взаимное положение относительно друг друга, а также отклонения формы и расположения поверхностей. Используя основные положения теории точности и взаимозаменяемости деталей и соединений, а также элементы теории сопротивления материалов, удалось провести расчеты для редуктора Н090.20.000, который применяется в картофелеуборочных комбайнах, и получить посадку с натягом, которая позволит повысить долговечность соединения и передавать заданный крутящий момент не только через шпонку, но и поверхность цилиндрического соединения.

**Ключевые слова:** редуктор, вал, натяг, соединение, посадка, допуск посадки.

## Justification of landing with tension of the output shaft of the gearbox with an asterisk

YU.G. Vergazova, D.A. Pupkova \*

Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after  
K.A. Timiryazev, 49, Timiryazev street, Moscow, 127550, Russia

\*E-mail: bogolyubova@rgau-msha.ru

**Abstract.** The article considers the issue of ensuring the reliability of cylindrical joints with a key, which have become most widespread in agricultural machinery, as well as the calculation of a tight fit for the gearbox N090.20.000 JSC "Mosselmash". Reliability is one of the main factors that is provided not only by labor and energy costs, but also by the operation of machines and aggregates. In chain gears, the relative immobility of the surfaces is provided by a key, and landings according to regulatory and technical documentation are used with a gap or transitional. This ensures ease of assembly and disassembly in the field, if necessary, but does not set a guaranteed margin of operability, which leads to rapid wear of the cylindrical connection with the key, the reliability of which is ensured by dimensional tolerances and their relative position relative to each other, as well as deviations in shape and location of surfaces. Using the basic provisions of the theory of accuracy and interchangeability of parts and joints, as well as elements of the theory of resistance of materials, it was possible to carry out calculations for the gearbox Н090.20.000, which is used in potato harvesters, and to obtain a tight fit that will increase the durability of the connection and transmit a given torque not only through the key, but also the surface of the cylindrical connections.

**Keywords:** gearbox, shaft, tension, connection, landing, landing tolerance.

## 1. Введение

Вопросы, связанные с обеспечением надежности российской сельскохозяйственной техники и способы ее повышения всегда были актуальными для научных работников этой сферы, а также для конструкторов и технологов машиностроительных заводов сельскохозяйственного направления [1,2,3].

Надежность обеспечивается грамотным проектированием технологических процессов с позиции не только обеспечения наименьших трудо- и энергозатрат при обработке деталей и сборки агрегатов сельскохозяйственной техники, но и с позиции их дальнейшей эксплуатации, это касается всех соединений, лимитирующих ресурс конкретного агрегата, в том числе и неподвижных соединений, которые достаточно часто в сельскохозяйственных машинах [4].

Наибольшее распространение получили цилиндрические соединения со шпонкой, причем практически 100% цепных передач в виде звездочек, закрепляемых на валах редукторов сельскохозяйственной техники, имеют именно такие соединения. Относительную неподвижность поверхностей обеспечивают шпонки [5], а посадки, исходя из анализа технической документации [6] для данных соединений применяются с зазором или переходные. Такие посадки обеспечивают беспроблемную собираемость и легкость проведения разборки – сборки при отказе агрегата в полевых условиях с целью замены деталей.

Согласно принципам конструирования этих сопряжений, требуется сформировать определенный гарантированный запас работоспособности, так как с отказом цилиндрических сопряжений со шпонками дальнейшая эксплуатация машины невозможна. На надежность данного соединения оказывают влияние допуски размеров [7,8] и их взаимное положение относительно друг друга, а также отклонения формы и расположения поверхностей [9], а на этапах изготовления и ремонта деталей этого соединения важным аспектом обеспечения качества является применение соответствующих средств измерения и контроля [10,11].

Достаточно полный обзор допусков и посадок цилиндрических соединений со шпонкой различного назначения был проведен в работах [12,13], и сделан вывод, что из-за наличия зазора идет постоянное перемещение вала относительно втулки, при этом рывки и перегрузки приводят к износу и пластическим деформациям сопрягаемых элементов, в также к раннему отказу соединения по причине смятия пазов вала и втулки

и самой шпонки. Для данных соединений необходимо обеспечить натяги в посадке, но при этом следует учесть требования по возможной разборке соединения в полевых условиях с целью замены других отказавших деталей, находящихся в этом же агрегате, например, подшипников качения или шестерен. А при ремонте – выбрать сначала рациональный способ восстановления [14], вписать выбранный способ в техническую документацию [15] а потом провести обработку деталей для образования посадки с натягом.

## 2. Объект исследований

В качестве объекта исследований была взята посадка выходного конца вала редуктора Н090.20.000 АО «Моссельмаш»  $\varnothing 30 (+0,17/-0,05)$ , с валом сопрягается звездочка, которая служит приводом рабочих органов картофелеуборочного комбайна.

## 3. Методы исследований

В расчетах использовались основные положения теории точности и взаимозаменяемости деталей и соединений, а также элементы теории сопротивления материалов.

## 4. Результаты исследований и их анализ

Исследования базировались на теоретических положениях работ [12,13], где была предложена усовершенствованная методика расчета и выбора посадок с натягом для цилиндрических соединений со шпонкой. Также можно воспользоваться методикой сборки соединений с натягом методом процентной взаимозаменяемости [16,17], если точность получаемой посадки будет слишком высокой для технологического оборудования. В сельскохозяйственной технике нашел широкое применение редуктор Н 090.20 завода Моссельмаш. Он устанавливается, в частности, на картофелеуборочные комбайны Рязанского комбайнового завода. Для соединения звездочки с выходным валом редуктора Н 090.20 завода Моссельмаш был проведен расчет посадок, исходные данные и результаты расчета сведены в таблицу.

**Таблица 1.** Расчет посадки для соединения вала редуктора Н 090.20 со звездочкой.

Параметр	Значение
Диаметр соединения $d_p$	30 мм
Материал изготовления вала	40Х
Материал изготовления втулки	СЧ-20

Параметр	Значение
Длина соединения $l$ , мм	40 мм
Передаваемый крутящий момент $M_{кр}$	150 Н·м
Наибольший расчетный натяг по критерию возможности разборки, $NP_{max}$	65 мкм
Поправка на смятие шероховатости, $\Delta NR$	13 мкм
Наименьший технологический натяг, $N_{min}$	39 мкм
Наибольший технологический натяг, $N_{max}$	81 мкм
Наибольший технологический натяг по критерию разборки, $N_{max}$	74 мкм
Стандартная посадка по критерию прочности	$\varnothing 30H8/u7$
Стандартная посадка по критерию разборки	$\varnothing 30H6/v6$

Для цилиндрического соединения звездочки с валом при наличии шпонки определен наибольший натяг по критерию быстрой разборки в полевых условиях с помощью гидравлического или ручного съемника. Такой натяг меньше наибольшего натяга, рассчитанного из условия отсутствия текучести более слабого материала детали в посадке, поэтому в качестве верхней границы должен выступать именно этот натяг.

При определении поправки на температурное расширение для исследуемого сопряжения было выявлено, что реальная температура эксплуатации находится в пределах  $0...60$  °С, поэтому из-за различия коэффициентов линейного расширения материалов вала и втулки получается, что данная поправка имеет колебания от  $-1,6$  до  $+0,8$  мкм, что не существенно для данной точности расчетов. А поправка на смятие шероховатости поверхности, равная 13 мкм, наоборот будет сильно влиять на результаты расчета.

## 5. Выводы

Таким образом, разработана методика определения предельных технологических натягов для цилиндрических соединений со шпонкой по критерию обеспечения разборки съемником в полевых условиях. Методика апробирована на соединении выходного конца вала со звездочкой редуктора Н 090.20 завода Моссельмаш и получена посадка  $\varnothing 30H6/v6$  вместо  $\varnothing 30$  ( $^{+0,17}/_{-0,05}$ ). Применение новой посадки позволит значительно повысить долговечность соединения, так как полученная посадка имеет гарантированные натяги и крутящий момент будет передаваться через поверхность цилиндрического соединения, а не только шпонкой, как это было при применении старой посадки.

## Список литературы

1. Кравченко И.Н. Основы надежности машин / И.Н. Кравченко, В.А. Зорин, Е.А. Пучин, Г.И. Бондарева. Том Часть 1. – Москва: Типография Момент, 2007. – 224 с.
2. Мельников О.М. Работоспособность соединений "вал-манжета" и повышение их надежности / О.М. Мельников // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2018. – № 2(84). – С. 50-54. – <https://www.doi.org/10.26897/1728-7936-2018-2-50-54>
3. Ерохин М.Н. Оценка износа крестовин шарниров типа CR115, применяемых в тракторах JOHN DEERE / М.Н. Ерохин, А.Г. Пастухов, Е.П. Тимашов // Труды ГОСНИТИ. – 2017. – Т. 126. – С. 14-21.
4. Леонов О.А. Расчет посадок с натягом при комбинированном нагружении / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – 2021. – № 3. – С. 25-28. – <https://www.doi.org/10.36652/0042-2021-3-25-28>
5. Ерохин М.Н. Курсовое проектирование по деталям машин и основам конструирования: методические указания и технические задания / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев, О.М. Мельников, Д.М. Скороходов. – Москва: Редакция журнала "Механизация и электрификация сельского хозяйства", 2018. – 44 с.
6. Голиницкий П.В. Разработка процедуры управления внутренней документацией для промышленного предприятия / П.В. Голиницкий // Компетентность. – 2018. – № 7(158). – С. 20-25.
7. Дорохов А.С. Влияние размеров в поле допуска на ресурс изделий / А.С. Дорохов // Грузовик. – 2013. – № 8. – С. 34-37.
8. Леонов О.А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О.А. Леонов. – М.: Изд-во ФГОУ ВПО МГАУ им. В. П. Горячкина, 2002. – 168 с.
9. Шкаруба Н.Ж. Обоснование допускаемой погрешности измерений при контроле отклонений формы и расположения поверхностей деталей / Н.Ж. Шкаруба, О.А. Леонов // Вестник машиностроения. – 2020. – № 12. – С. 42-45. – <https://www.doi.org/10.36652/4633-0042-2020-12-42-45>.
10. Бондарева Г.И. Проектирование и анализ качества контрольных процессов на ремонтных предприятиях / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. –

- Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ОнтоПринт", 2020. – 95 с. – ISBN 978-5-6042437-3-2. – <https://www.doi.org/10.37738/VNIIGIM.2021.77.78.001>
11. Бондарева Г.И. Основы проектирования операций входного контроля на машиностроительных предприятиях / Г.И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ОнтоПринт", 2020. – 89 с. – ISBN 978-5-6042437-5-6.  
– <https://www.doi.org/10.37738/VNIIGIM.2020.43.25.001>
  12. Расчет посадок соединений упругих втулочно-пальцевых муфт с валами / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 2. – С. 96-101. – <https://www.doi.org/10.36652/0042-4633-2023-102-2-96-101>.
  13. Леонов О.А. Обоснование посадок соединений со шпонками / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова, Д.У. Хасьянова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71.  
– <https://www.doi.org/10.31857/S0235711922060074>
  14. Бондарева Г.И. Теоретические основы выбора рациональных способов восстановления деталей / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Сельский механизатор. – 2019. – № 5. – С. 38-39. – EDN UCNDZM.
  15. Леонов О.А. Построение функциональной модели процесса «Техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники» с позиции требований международных стандартов на системы менеджмента качества / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2009. – № 7(38). – С. 35-40.
  16. Леонов О.А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О.А. Леонов. – М.: Изд-во ФГОУ ВПО МГАУ им. В. П. Горячкина, 2002. – 168 с. – ISBN 5-86785-109-5.
  17. Ерохин М.Н. Процентная взаимозаменяемость посадок с натягом / М.Н. Ерохин, // Вестник машиностроения. – 2020. – № 3. – С. 41-44. – <https://www.doi.org/10.36652/0042-4633-2020-3-41-44>.