

мера радиально-упорных подшипников расстояние от точки приложения реакций подшипника к валу до торца подшипника определяемое по формулам:

$$a = 0,5 \left[ B + \frac{(d + D)}{2} \operatorname{tg} \alpha \right] \quad \text{-- для шариковых радиально-упорных подшипников;}$$

$$a = \frac{T}{2} + \frac{(d + D)e}{6} \quad \text{-- для роликовых конических подшипников.}$$

Необходимо выбрать метод смазывания зубчатых колес и подшипников, так как он оказывает влияние на расположение подшипников по отношению к внутренней поверхности стенки корпусной детали редуктора. При отсутствии маслосбрасывающих колец, подшипники рекомендуется устанавливать на расстоянии  $y = 3 \dots 5$  мм от внутренней поверхности стенки корпуса и крышки корпуса редуктора. Если имеются маслосбрасывающие кольца, положение подшипника по отношению к внутренней поверхности стенки редуктора определяется шириной этого кольца. Можно рекомендовать принять  $y = 10$  мм.

Преподаватель должен дать рекомендации по определению длины отверстия  $l_{отв}$  под подшипник. Длину подшипникового гнезда надо согласовать с шириной фланца, необходимой для размещения головки винта или гайки [5, 7].

Необходимо дать сведения о точках приложения радиальных реакций подшипников к осям валов, например, в соответствии с [7]. После получения названных сведений, обучаемые должны приступить к выполнению компоновки редуктора в соответствии с технологией поэтапного, в динамике, процесса выполнения компоновки цилиндрического зубчатого редуктора.

1. Кузин Н.А. Методические рекомендации по технической механике. Составление эскизной компоновки одноступенчатых редукторов. – Мн.: МЗПГ. 1984. – 48 с.
2. Кузин Н.А. Новый подход к решению вопросов, связанных с компоновкой редукторов // Информационные и сетевые технологии – образовательная среда века: Материалы Республиканской научно-методической конференции. – Мн., 2003. – С. 58-62.
3. Кузин Н.А. Комплекс специальных учебных пособий и новая методика проведения занятий по компоновке зубчатых и червячных редукторов // Машиностроение. – Мн., 2004. – Вып. 20. – С. 322-328.
4. Кузин Н.А. Поэтапный, в динамике, процесс выполнения компоновки цилиндрического прямозубого редуктора // Инновации в системе повышения квалификации и переподготовки инженерно-педагогических кадров: Материалы Международной научно-методической конференции. – Мн., 2006. – С. 158-161.
5. Кузин Н.А. Техническая механика. Выбор и расчет подшипников качения. – Мн.: УП "Технопринт", 2001. – 102с.
6. Детали машин. Проектирование / Л.В. Курмаз, А.Т. Скойбеда. – Мн.: УП "Технопринт", 2001. – 290 с.
7. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. – М.: Издательский центр "Академия", 2003. – 496 с.

УДК 621.81(076)

## ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАССТОЯНИЙ ОТ ТОЧЕК ПРИЛОЖЕНИЯ РАДИАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ПОДШИПНИКОВ И КОНСОЛЬНЫХ СИЛ К ВАЛАМ ДО ТОЧКИ ПРИЛОЖЕНИЯ СИЛ В ЗАЦЕПЛЕНИИ РЕДУКТОРА

Н.А. Кузин

Командно-инженерный институт" МЧС Республики Беларусь  
Минск, Беларусь

*Исследования эффективности применения аналитического способа определения расстояний от точек приложения радиальных реакций подшипников и консольных сил к валам до точки приложения сил в зацеплении редуктора, по разработанной мной технологии проведения занятия, показывают, что на определение этих расстояний обучаемым затрачивается в среднем в 3...5 раз меньше времени, чем в случае, когда мы находим расстояния с помощью традиционного метода – с помощью компоновки редуктора.*

Аналитический способ определения расстояний от точек приложения реакций подшипников к валу до точки приложения сил в зацеплении редуктора, взятых вдоль оси вала, – это одна из главных инноваций, предложенных мной для интенсификации процесса курсового проектирования деталей машин. Считаю, что этот способ достаточно научно обоснован, и я его успешно применяю в учебном процессе. Наиболее подробное описание аналитического способа определения расстояний, необходимых для составления расчетных схем валов проектируемых редукторов, а также сведения о применении его на практике даны в [1\_5]. В предложенном способе учитываются: принятая методика подбора подшипников качения, методы смазывания подшипников и зацепления, ширина фланцев по разьему корпуса редуктора, толщина стенок корпусных деталей, длина отверстия (глубина гнезда) под подшипник и др. Это дает возможность получать обоснованные и достоверные, как показала многолетняя практика, сведения, необходимые для дальнейших расчетов в процессе проектирования.

В своем выступлении на II Международной научно-технической конференции "Современные методы проектирования машин" я привел сведения о том, что эффект от применения рекомендуемого аналитического способа определения расстояний выражается в существенном сокращении времени на выполнение курсового проекта, так как компоновку не нужно делать вообще. Расстояния, необходимые для составления расчетных схем валов, мы определяем с помощью расчетов, требующих тех же знаний, которые нужны и для выполнения компоновки редуктора. Важным достоинством применения такого способа определения расстояний, как аналитический, является то, что преподаватель активно и на должном уровне может провести консультацию за сравнительно короткий период времени с целой группой студентов. Особую ценность это имеет при проведении занятий с обучаемыми заочной формы обучения.

Исследования эффективности применения аналитического способа определения расстояний, проводимые мной в течение длительного периода времени, и постоянное применение его "моими" курсантами показывают, что на определение расстояний при использовании названного способа затрачивается в среднем в 3...5 раз меньше времени, чем в том случае, когда мы эти расстояния определяем с помощью компоновки редуктора. Мной разработаны технологии проведения занятий по определению расстояний от точек приложения радиальных реакций подшипников и консольных сил к валам до точки приложения сил в зацеплении одноступенчатых цилиндрических прямозубых, шевронных и косозубых зубчатых редукторов с помощью инновационного – аналитического способа определения расстояний. При этом в качестве опор могут быть применены радиальные шариковые и роликовые, а также радиально-упорные шариковые и роликовые конические однорядные подшипники. Можно применять аналитический способ определения расстояний также для нахождения расстояний от точек приложения радиальных реакций подшипников к ведомому валу червячного редуктора до точки приложения сил в зацеплении редуктора. Технология проведения занятий по определению, названных выше, расстояний разработана и для ведомого вала червячного редуктора. Ниже приводим сведения о технологии проведения занятия по определению расстояний от точек приложения радиальных реакций подшипников к валам одноступенчатого шевронного редуктора до точки приложения сил в зацеплении и до консольной нагрузки, приложенной к ведомому валу.

Для рационального применения аналитического способа расчета расстояний рекомендуем использовать в качестве иллюстраций в процессе расчетов схемы компоновок редукторов данные в [1] и схемы компоновок аналогичных редукторов с условно изображенными нагрузками на схемах валов, приведенные в [3\_\_6]. Рекомендуем изготовить плакаты с изображением компоновок редукторов, аналогичных схемам компоновок проектируемых редукторов. Вместо схем компоновок можно рекомендовать использовать сборочные чертежи аналогичных редукторов. Для удобства ведения расчетов следует написать и представить в виде таблицы следующие, необходимые для расчетов исходные данные: межосевое расстояние  $a_w$ , диаметр вершин зубьев шестерни  $d_{a1}$ , диаметр вершин зубьев колеса  $d_{a2}$ , ширину венца вала-шестерни  $b_1$ , ширину венца колеса  $b_2$ , длину ступицы колеса  $l_{cm2}$ , толщину стенки корпуса редуктора  $\delta$ , условные обозначения и размеры подшипников  $d \times D \times B$  обоих валов, диаметр стяжного болта  $d$  у подшипников, ширина, например, венца зубчатого колеса  $b_3$ , расположенного консольно на выходном конце ведомого вала, окружная скорость  $v$  зубчатых колес редуктора, делительный диаметр  $d_3$  консольно-расположенного зубчатого колеса; ширина венца  $b_3$ , названного зубчатого колеса. Сведения, приведенные выше в качестве исходных данных, были получены на предыдущих этапах проектирования редуктора независимо от того, будем ли мы определять расстояния, необходимые для составления расчетных схем валов, с помощью компоновки или с помощью расчетов – аналитическим способом. Эти сведения получены в соответ-

ствии с принятой технологией выполнения курсового проекта по деталям машин, и они нужны для выполнения последующих разделов курсового проекта и для расчета расстояний, необходимых для составления расчетных схем валов с помощью аналитического способа определения расстояний. Кроме сведений, приведенных выше, приводим данные об определении других параметров, необходимые для определения расстояний от точек приложения радиальных реакций подшипников к валам до точек приложения сил в зацеплении зубчатых передач. Рекомендуем определить расстояние  $L$  между внешними поверхностями шестерни и колеса, взятое вдоль общей оси симметрии зубчатых колес, по соотношению

$$L = a_w + d_{a1} + d_{a2}.$$

Контур внутренней поверхности стенки корпуса редуктора необходимо чертить на расстоянии  $n$  от линии вершин зубьев и торцов или ступиц больше ширины венцов зубчатых колес. Расстояние  $n$  предусматривается с целью не допустить соприкосновения вращающихся деталей со стенками корпуса и крышки корпуса редуктора. Рекомендуется принимать  $n$ , мм:  $n = \sqrt[3]{L} + 3$ , где расстояние  $L$ , мм. Детали зубчатых, ременных, цепных и др. передач (зубчатые колеса, шкивы, звездочки и др.), создающие консольную нагрузку на выходных концах валов, рекомендуем располагать на расстоянии  $\Delta$  от головок болтов и винтов, крепящих крышку подшипниковых узлов.

Рекомендуем для шевронного редуктора выбрать в качестве опор ведущего вала подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами. Радиальные реакции таких подшипников считаются приложенными к валу в точках пересечения нормалей, проведенных через середины подшипников, к оси вала. Рекомендуем плавающим валом сделать ведущий вал, а в качестве опор этого вала выбрать подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами. В качестве опор ведомого вала, который должен быть зафиксирован от осевых перемещений, необходимо выбрать также радиальные подшипники – шариковые радиальные однорядные. Радиальную реакцию каждого подшипника, из выбранных для обоих валов, считают приложенной к оси вала в точке пересечения с ней нормали, проведенной через середину ширины подшипника  $B$ . Необходимо принять решение о способе смазывания подшипников и зубчатых колес, так как от способа смазывания зависит расположение подшипников в корпусе редуктора по отношению к внутренней поверхности его стенки. При отсутствии маслосбрасывающих колец, подшипники рекомендуется устанавливать на расстоянии  $y = 3...5$  мм от внутренней поверхности стенки корпусной детали редуктора. При установке в отверстие под подшипник маслосбрасывающего кольца, положение подшипника по отношению к внутренней поверхности стенки редуктора определяется шириной этого кольца. Можно рекомендовать принять в этом случае  $y \approx 10$  мм. Расстояние от точки приложения радиальной реакции подшипника до точки приложения консольной силы на валу, взятые вдоль оси вала, зависит от толщины стенки корпуса редуктора  $\delta$ , ширины фланца  $K$  корпусной детали, высоты платика  $h[1]$ , толщины фланца  $\delta_\phi$  крышки подшипника, высоты головки болта  $H$  для крепления крышки подшипника, зазо-

ра  $\Delta$  и размера середины ширины венца  $\frac{B_3}{2}$  консольно-расположенного зубчатого колеса. При креплении крышки к корпусу редуктора болтами с шестигранной головкой  $K = 2,7d$ . Высоту пластика  $h$  рекомендуем принимать  $h = (0,4 \dots 0,5)\delta$ . Размер высоты головки болта  $H$  надо принять в соответствии с ГОСТ 7796-70. После определения размеров параметров, названных выше надо рассчитать расстояния  $l_1$  и  $l_2$  от точек приложения радиальных реакций подшипников соответственно к ведущему и ведомому валам до точки приложения сил в зацеплении передачи, взятые вдоль оси валов.

$$l_1 = \frac{l_{cm2}}{2} + n + y + \frac{B}{2} \quad l_2 = \frac{l_{cm2}}{2} + n + y + \frac{B}{2}$$

где  $B$  – ширина подшипника того вала, для которого определяем расстояния.

Расстояние  $l_3$  от точки приложения радиальных реакций подшипника, ближе расположенного к консольно-расположенному зубчатому колесу, до точки приложения сил в зацеплении названного зубчатого колеса, взятое вдоль оси ведомого вала

$$l_3 = l_{отв} - y - \frac{B}{2} + \delta_{\delta} + H + \frac{b_3}{2},$$

где  $l_{отв}$  – длина отверстия под подшипник;

$$l_{отв} = \delta + K + h.$$

1. Кузин Н.А. Методические рекомендации по технической механике. Составление эскизной компоновки одноступенчатых редукторов. – Мн.: МЗПТ, 1984. – С.48.
2. Кузин Н.А. Техническая механика. Выбор и расчет подшипников качения. – Мн.: УП "Технопринт", 2001. – С.102.
3. Кузин Н.А. Аналитический метод определения расстояний от точек приложения реакций подшипников к валу до точки приложения сил в зацеплении редуктора // Современные технологии последипломного образования: проблемы и перспективы: Материалы Республиканской научно-методической конференции. – Мн., 2004. – С.70-71.
4. Кузин Н.А. Технология и методика расчет расстояний от точек приложения реакций подшипников к валу до точки приложения сил в зацеплении редуктора // Информационные технологии в образовании: Материалы Республиканской научно-методической конференции. – Мн., 2004. – С.174-175.
5. Кузин Н.А. Аналитический метод расчета расстояний от точек приложения радиальных реакций подшипников к валу до точки приложения сил в зацеплении редуктора и его применение // Современные методы проектирования машин: Республиканский межведомственный сборник научных трудов. Вып.2. В 7 томах. – Т.3. Проектирование приводов машин. – Мн.: УП "Технопринт", 2004. – С.197-200.
6. Кузин Н.А. Аналитический метод определения расстояний от точек приложения радиальных реакций подшипников к валу до точки приложения сил в зацеплении прямоугольного редуктора // Инновации в системе повышения квалификации и переподготовки инженерно-педагогических кадров: Материалы Международной научно-методической конференции. – Мн., 2006. – С.161-163.

УДК 378.4

## ИННОВАЦИОННО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

В.А. Сидоров, В. И. Клевзович

Республиканский институт инновационных технологий  
Белорусского национального технического  
университета  
Минск, Беларусь

*Рассмотрены проблемы подготовки современных специалистов в области техники и технологии. Показано, что подготовку, переподготовку и повышение квалификации современного инженера должна решать система инновационного инженерного образования. Предложены направления трансформации инженерного образования в инновационное и пути перехода его от учебно-образовательного к научно-познавательному.*

В постиндустриальном обществе современного инженера можно определить как субъекта управления производством, обладающего следующими признаками:

- профессионализм, позволяющий адекватно оценивать создавшуюся производственную ситуацию, выявлять в ней стороны, нуждающиеся в его вмешательстве и своевременном устранении возникших проблем;
- творческое мышление, которое помогает ему оценивать сложившуюся ситуацию не только со стороны установленных канонов и методов;
- социальная приспособленность, позволяющая общаться с подчиненными, как в обычных производственных ситуациях, так и в критических, конфликтных;
- организаторская способность, обеспечивающая оптимальный подход к проведению всех стадий производственного процесса;
- способность разрабатывать инновации, оценивать и внедрять инновационные разработки и предложения;
- предпринимательская деятельность, обеспечивающая создание новых материальных ценностей, конкурентоспособный товар и получение прибыли в условиях рыночной экономики.

Проблема подготовки таких специалистов связана с необходимостью соединить, глубокое освоение фундаментальных знаний с изучением инженерного дела, овладением инженерным творчеством, психологией и этикой деловых отношений, инновационным и предпринимательским искусством. Другими словами подготовить менеджера для планирования, проектирования, подготовки и создания наукоемкой (сложной) технической системы.

Подготовку, повышение квалификации и переподготовку современного инженера должна решать система инновационного инженерного образования.

Система инновационного инженерного образования – это целенаправленное формирование определенных знаний, умений и методологической культуры (технологии), а также комплексная подготовка и воспитание специалистов в области техники и технологии к инновационной инженерной деятельности за счет соответствующего содержания, технологий (методов обучения) и наукоемких технологий образования.