



УДК 627.352

**О.В. Сидорова**, к.п.н., доцент кафедры ПМ и ПТМ, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»,  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

### СТРУКТУРИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ДЕТАЛИ МАШИН»

*Ключевые слова: проектные компетенции, проектирование, курсовое проектирование, детали машин, типовые механизмы, узлы и детали машин.*

*В статье показаны потенциальные возможности дисциплины детали машин в ходе структуризации курсового проектирования. Общие методы синтеза и анализа при структурированном подходе дают возможность не только производить расчеты и проектирование отдельных узлов и устройств систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием, но и определять их оптимальные сочетания с учетом дополнительных условий.*

Востребованность начинающего инженера на рынке труда зависит от знаний, умений и навыков, полученных в вузе.

Профессиональные компетенции, прописанные во всех ФГОС-ах по высшему образованию, готовят студентов к участию в разработке различных проектов, предусмотренных техническими и специальными дисциплинами. На данный момент, проектирование, предполагающее создание проекта, реализация замысла, идеи, с которыми связана жизнь будущего инженера, является важнейшим фактором развития образования.

При реализации проектной деятельности, обучающиеся должны быть организованы во временные коллективы для решения конкретной задачи или составления проекта, затем студенты переключаются с работы в группе на индивидуальную и самостоятельную работу.

Курс детали машин, рассматривающий основные критерии работоспособности и расчета деталей машин и виды их отказов, принципы работы, области применения, технические характеристики, конструктивные особенности типовых механизмов, узлов и деталей машин и их взаимодействие, входит в общетехнический цикл дисциплин, формирующих знания инженера по конструированию, изготовлению и эксплуатации машин.

Большой объем и сложность материала при ограниченном времени изучения ставят перед преподавателями задачу изложения технических дисциплин в вузах более эффективной за счёт структурирования как теоретического материала, так и курсового проектирования.

Общие методы проектирования, применяемые в курсе «Детали машин», дают возможность разработчику, не только производить расчеты и проектирование отдельных узлов и устройств систем автоматизации и управления в соответствии с техническим

заданием, но и определять их оптимальные сочетания с учетом иных дополнительных условий.

Инженерное проектирование - это процесс, в котором научная и техническая информация используется для создания новой системы, устройства или машины, приносящих обществу определенную пользу. Получаемый в результате продукт, называется проектом (от латинского *projectus* - брошенный вперед), является совокупностью документов и описаний на различных языках:

- графическом - чертежи, схемы, диаграммы и графики;
- математическом - формулы и расчеты;
- инженерных терминов и понятий - тексты описаний, пояснительные записки),  
необходимые для создания какого-либо сооружения, изделия, устройства или машины.  
[1].

Типичной темой курсового проекта по деталям машин является проектирование одно-двухступенчатого редуктора (зубчатого цилиндрического, конического или червячного). На первом этапе конструирования следует дать учащимся обобщенное описание деталей: рассмотреть их структуру, расчленив на отдельные элементы, указать назначение этих элементов, варианты их компоновки.

Последовательность расчета рациональнее всего начинать с вопросов практического применения винтовых пар в механических передачах. Следует отметить, что различные экономические обоснования в курсовом проекте по деталям машин касаются главным образом технологичности конструкций, означающей упрощение технологических процессов, снижение их трудоемкости и себестоимости. Так, электродвигатель рекомендуют выбирать быстроходный, с частотой вращения не менее 1000 об/мин, т. е. сравнительно малогабаритный. Это с экономической точки зрения обуславливает, во-первых, невысокую стоимость такого двигателя серийного производства и, во-вторых, снижение трудоемкости его сборки с редуктором.

Далее, на втором этапе, при выборе материалов зубчатых колес редукторов общего назначения нужно ориентироваться на рекомендованные по соображениям равнопрочности зубьев пары материалов шестерни и колеса или одинаковый материал, но с различными термообработкой, твердостью. При этом следует выбирать стали со средними механическими характеристиками (например, сталь 45) и сравнительно недорогой термообработкой (нормализация, улучшение). В таких случаях достигается снижение коэффициента использования дорогостоящих материалов и более оптимальный вариант технологического процесса, поскольку с меньшими затратами получаем требуемые технические условия и технические качества.

В целом, оптимальный **выбор материала зубчатых колес и зубчатых венцов червячных колес** позволяют улучшить экономические показатели. Проектный расчет закрытых редукторных зубчатых и червячных передач проводится на контактную прочность, в следствие которого находится требуемое межосевое (или конусное) расстояние. В расчетной формуле фигурирует соответствующее допускаемое контактное напряжение (квадрате!), прежде всего зависящее от прочностных характеристик материала. Принятое в результате межосевое расстояние определяет габариты всего редуктора и его массу [2].

Проектируя редуктор необходимо обеспечить заданные исходные параметры при наименьших возможных габаритах. Стремление получить компактный редуктор отвечает современным требованиям к продукции машиностроения - снижению удельной металлоемкости, так как экономия металла является в настоящее время одним из приоритетных вопросов во многих отраслях промышленности. Часто в результате кинематического и прочностного расчетов зубчатой передачи диаметр шестерни оказывается сравнительно малым. В этом случае по прочностным, конструктивным и технологическим соображениям, шестерню проектируют обычно заодно с валом (вал - шестерню). Тем не менее, в подобном случае

---

*Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов*

*Секция VII Техническая диагностика и ресурс подъемно-транспортной техники портов и транспортных терминалов*

нередка возможность осуществления раздельной конструкции, что значительно повышает коэффициент использования материала.

Весьма важными факторами и показателями технологичности конструкции являются стандартизация и унификация деталей и узлов. Применительно к редукторам стандартизация и минимизация типоразмеров используются при выборе подшипников и конструировании подшипниковых узлов, назначении крепежных болтов, подборе шпонок, арматуры.

Прежде всего, **подшипники для редукторных валов** берут стандартными, согласно ГОСТам. Унификация достигается здесь тем, что подшипники быстроходного и тихоходного валов могут быть поставлены одного типа (скажем, роликовые подшипники конические) и даже одной серии, а для одного вала - еще и одинаковых размеров.

Постановка одинаковых подшипников для данного вала желательна не только по соображениям унификации. Как известно, выбранная пара одинаковых редукторных подшипников проверяется по наиболее нагруженному из них. Во-первых, это оправдано с точки зрения работоспособности подшипников для реверсивных передач при наличии осевых усилий в зацеплении, когда роли подшипников поменяются. Во-вторых, снижается трудоемкость изготовления корпуса редуктора, существенно сокращается трудоемкость сборки подшипниковых узлов, и: опять-таки обеспечивается их унификация. Иными словами, здесь достигается необходимая технологичность конструкции, а следовательно, и должный экономический эффект - снижается себестоимость редуктора.

Остановимся на **выборе шпонок**. Так как моменты на выходном конце вала и на колесе численно равны, отличаются только плечи сил, действующих на шпонки, тогда наиболее нагруженной окажется шпонка, поставленная на выходном конце обычно меньшего диаметра. Кроме того, соответствующие размеры сечения этой шпонки должны быть меньше, а напряжения будут больше (к тому же допускаемое напряжение при смятии, когда имеется чугунная полумуфта, сравнительно невелико). Поэтому можно, выбрав шпонку только для выходного конца вала и проверив ее на прочность, назначить точно такую же шпонку и под колесо. Последнее конструктивно вполне приемлемо, особенно когда диаметры выходного конца вала и под колесом не резко отличаются друг от друга.

При конструировании **редукторных валов** нужно избегать создания без особой надобности буртов, лишних ступеней, резьбовых участков и т. д. Наличие подобных переходов формы вала (порой весьма резких) крайне нежелательно. Во-первых, в этих случаях возникают очаги концентрации местных напряжений, что в условиях работы вала при циклически изменяющихся напряжениях способствует значительному снижению его прочности. Во-вторых, усложнение конструкции вала влечет за собой повышение трудоемкости его изготовления, т. е. в конечном счете высокую себестоимость. Недаром, учитывая указанные технико-экономические соображения, сейчас намечается тенденция проектирования гладких редукторных валов.

Коснемся вопроса проектирования корпуса редуктора с экономической точки зрения. В основном это сводится к определению толщины стенок литого корпуса (картера и крышки), так как в зависимости от этой толщины получают геометрические параметры другие его конструктивных элементов.

Обычно толщину стенки определяют с помощью эмпирических формул в зависимости от межосевого или конусного расстояния зубчатых передач. Подобные формулы получены на основе теоретических исследований (на базе теории упругости), опытных и практических данных эксплуатации редукторов. При этом, руководствуясь требованиями литейного производства, рекомендуют толщину стенки корпуса: основания (картера) и крышки брать не менее 8 мм.

Однако зачастую разработчики по упомянутым формулам получают значительно меньшую толщину, обеспечивающую необходимые прочность, жесткость и устойчивость корпуса. Приняв меньшую толщину стенок, можно достигнуть существенного снижения

металлоемкости редуктора – важнейшего условия экономической эффективности в машиностроении.

Учитывая, что за курсовой проект выставляется отдельная оценка, он так же, как и методический материал, структурирован на 7 учебных блоков, таких как:

- 1-й блок - оформление задания на проект, описание машины и подбор литературы;
- 2-й блок - кинематический анализ механизма;
- 3-й блок - выбор материала и расчет на контактную прочность;
- 4-й блок - расчет валов;
- 5-й блок - подбор подшипников качения и расчет шпонок;
- 6-й блок - оформление расчетно-пояснительной записки и технической документации (разработка рабочих чертежей деталей);
- 7-й блок - защита курсового проекта.

Такое структурирование материала позволяет преподавателю не только организовать эффективную самостоятельную работу студентов по выполнению курсового проекта, но и обеспечить систематическую творческую работу студентов, а также привить навыки использования программ расчета параметров на ЭВМ для выполнения конкретных расчетов.

В современных условиях обучение студентов, направленное на формирование проектных компетенций во время курсового проектирования обеспечивает реализацию личностно-ориентированного подхода, помогает находить оптимальные решения инновационного характера, преодолевать возникающие проблемы в профессиональной области, а также умение работать в команде. При проектировании используется междисциплинарный подход к обучению, так как создание проекта требует знаний не только по деталям машин, но и по другим (естественно научным), сопутствующим (общетехническим) и последующим (специальным) дисциплинам, а также профессиональных знаний по эксплуатации проектируемых машин [1].

#### **Список литературы:**

[1]. Наумкин, Н.И. Методическая система формирования у студентов технических вузов способностей к инновационной инженерной деятельности / Н И Наумкин : под ред П В. Сенина. Л В Масленниковой, Д.Я.Тамарчака; Моск.пед.гос.ун-т.- Саранск: Изд-во Мордов, ун-та, 2008. -172 с.

[2]. Приблуда, И.З. Некоторое экономическое обоснование принятых конструкций при выполнении курсового проекта по деталям машин /методические рекомендации по технической механики. М: «Высшая школа», 1985. -96 с.

### **STRUCTURIZATION OF COURSE DESIGN ON THE DISCIPLINE «DETAILS OF MACHINES»**

Sidorova O.V.

*Keywords: project competence, design, course design, detail of machine, types of mechanisms, components and machine parts.*

*The article shows potential of the discipline of the details of machines during structuring the of course design. General methods of synthesis and analysis in a structured approach make it possible not only to perform calculations and design of individual units and devices of automation and control systems in accordance with the terms of reference, but also to determine their optimal combinations, taking into account additional conditions.*