Вавилов Ю.Н., Скобелева И.Ю., Ширшова И.А., Софронова С.А.
Опыт проведения практического занятия по теме «Проектирование элементов конструкции»

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е.Алексеева»
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/lj-06-2019-05

idsp: ljjournal-06-2019-05

Аннотация

В статье анализируется опыт проведения практических занятий на основе деловой игры по курсу «Детали машин». На практическом занятии рассмотрены этапы эскизного проектирования элементов конструкции типографского прессы при активном открытом взаимодействии в системе «преподаватель -- студент». Игровые технологии в форме деловой игры на примере темы «Проектирование элементов конструкций» позволяют приобщить студентов к способам решения профессиональных задач, развивать коммуникативные компетенции и достигать эффективный уровень деловой коммуникации, включать студентов в различные виды продуктивной деятельности.

Ключевые слова: деловая игра, общетехнические умения и навыки, проектирование, конструирование, техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, анализ конструкции, технические характеристики, расчетная схема.

Abstract

In article experience of carrying out a practical training on the basis of a business game at the rate "Details of Cars" is analyzed. On practical occupation stages of outline projection of structural elements of a typographical press are considered in the fissile open interaction in the "teacher-the student" system. Game technologies in the form of a business game on the example of the subject "Projection of Structural Elements" allow to acquaint students with ways of the solution of professional tasks, to develop communicative competences and to reach the effective level of business communication, to include students in different types of productive activity.

Keywords: business game, all-technical skills, projection, constructioning, requirement specification, technical offer, preliminary design, analysis of a design, principal specifications, settlement scheme.

Курс «Детали машин и основы конструирования» относится к базовой части блока общепрофессиональных дисциплин. Этап общепрофессиональной (общей инженерной, общетехнической) подготовки, связанный с освоением методов инженерной деятельности, формирует общетехнические умения и навыки, дает основополагающие знания о научных и практических основах техники, позволяя сформировать научное мировоззрение и создавая предпосылки для развития творческих способностей, способствуя, таким образом, развитию личности обучающихся.

Данное занятие проводится в начале семестра. Как правило, первая лекция по курсу «Детали машин» или «Детали машин и основы конструирования» еще не прочитана, однако базовые курсы инженерной подготовки, такие как «Физика», «Инженерная и компьютерная графика», «Материаловедение», «Сопротивление материалов», «Теоретическая механика» студентами уже пройдены.

Целью этого занятия является ознакомление студентов с процессом проектирования простой технической конструкции в форме деловой игры.

Преподаватель выступает в роли заказчика и консультанта проекта, а студенты – в роли сотрудников конструкторского бюро.

В начале занятия дается определение терминов «проектирование» и «конструирование», затем кратко излагаются этапы проектирования:

- техническое задание;
- техническое предложение;

- эскизный проект;
- технический проект.

Основой технического задания является техническая характеристика будущего изделия. Например, студентам предлагается спроектировать типографский пресс с заданными характеристиками: сила прессования F , размеры рабочего пространства – длина L , ширина B , высота H , вид производства – единичное.

На стадии технического предложения преподаватель, как консультант, предлагает в основе проекта использовать передачу винт-гайка. Студенты, как исполнители, предлагают несколько вариантов решения проблемы, используя любые доступные источники информации, в том числе интернет-ресурсы. Таким образом формируется основная идея конструкции, которая должна быть оформлена в виде технического рисунка, эскиза или схемы без технологических подробностей, размеров и пр.

Из предложенных вариантов выбирают 3...4 наиболее подходящих. Авторы выбранных вариантов представляют их на доске и отвечают на вопросы аудитории. На данной стадии выясняются основные недочеты и ошибки.

К типичным ошибкам данного этапа можно отнести:

- отсутствие корпуса;
- добавление конических или цилиндрических передач к передаче винт - гайка, что ведет к удорожанию проекта;
- отсутствие возможности поворота винта относительно плиты, которая прижимает объект к основанию;
- отсутствие рукоятки или маховика.

При дальнейшем обсуждении выбираются два наиболее удачных варианта, которые изображаются в виде кинематических схем (рис. 1, 2). Далее студентами выполняется анализ преимуществ и недостатков выбранных вариантов.

Например, преимущество первого варианта заключается в том, что оператор может работать с трех сторон, тогда как во втором варианте только с двух. При этом второй вариант менее металлоемкий, чем первый, что удешевляет готовое изделие. Здесь следует разъяснить, что в первом варианте стойка работает на растяжение с изгибом, а во втором – на растяжение. Отсюда основное правило конструирования "консоль надо делать как можно меньше" (смотри эпюру изгибающих моментов консольной балки).

1 – консоль (поперечина), 2 – стойка, 3 – основание, 4 – гайка, 5 – винт, 6 – плита прижимная, 7 – рукоятка (маховик)

Рис. 1. Одностоечный пресс

Рис. 2. Двухстоечный пресс

Данный анализ служит основой для выбора итоговой конструкции пресса. Обычно на практике выбор определяется при согласовании технического предложения между исполнителем и заказчиком. Но в условиях учебного процесса интереснее отдать предпочтение первому варианту. Таким образом этап технического предложения заканчивается выбором одного варианта.

На стадии эскизного проекта проектирование, как правило, начинают с самой главной части изделия. В данном случае это передача винт - гайка, поэтому

предварительно надо рассчитать передачу и разработать конструкцию гайки (рис.3). При этом преподаватель должен объяснить студентам, что на этапе эскизного проекта тип резьбы и наружный диаметр d и h_2 рассчитываются, а размеры гайки (h_1, D_1, D_2) принимаются конструктивно.

Рис. 3. Эскиз винта и гайки

Далее следует приступить к проектированию корпуса. Корпус состоит из консоли 1, стойки 2 и основания 3 (рис. 4).

Рис. 4. Части корпуса

По мнению авторов не следует предлагать студентам порядок проектирования корпуса. Ведь на практике разработчик решает задачу исходя из полученных ранее знаний и опыта или основываясь на вновь приобретенных знаниях. А когда задача решена намечается порядок расчета, который оформляется в виде расчетно-пояснительной записки.

В связи с этим студентам предлагается ответить на вопрос: "С чего необходимо начинать проектирование корпуса?"

Возможные варианты диалогов приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Варианты диалогов студентов и преподавателя

Студент	Преподаватель
Какова сила прессования, высота изделия и т.д. —.	Эти данные присутствуют в техническом задании
Как будет изготавливаться корпус?	Следует обсуждение, что лучше в соответствии с заданием (литье, сварка) или какой-либо способ соединения (резьба, заклепка, пайка)
Надо найти допустимое напряжение, для этого необходимо выбрать материал	Следует обсуждение, в результате которого с помощью преподавателя студенты приходят к выводу, что материал выбирается по трем параметрам – работоспособность, технологичность и экономичность.

В ходе обсуждения по поводу работоспособности материала, преподаватель должен подвести студентов к выводу, что нужно составить расчетную схему корпуса, из которой видно, как он работает. Дело в том, что в курсе "Сопротивление материалов" давались готовые расчетные схемы, по которым рассчитывались и

строились эпюры. А как строить расчетные схемы в реальном проектировании, это проблема, от которой зависит точность расчетов.

После обсуждений и уточнений чаще всего студенты приходят к простейшей расчетной схеме, представленной на рис. 5.

Рис. 5. Расчетная схема корпуса

Иногда студенты приходят к более точной расчетной схеме (рис. 6), на которой видно, как работает основание 3.

Рис. 6. Расчетная схема корпуса

Тогда анализируются обе расчетные схемы. Из эпюр M_u и F видно, что консоль корпуса работает на изгиб, а стойка – на растяжение с изгибом. Исходя из работоспособности, технологичности (предлагается сварка) и экономичности (стоимость материала) студенты предлагают материалы для изготовления стойки и консоли. Обычно предлагаются чугун, сталь, титановые и алюминиевые сплавы, кто-то непременно предложит золото, рассмотрим и этот вариант. В результате обсуждения материалы оцениваются в баллах (табл. 2).

Таблица 2.

Условная оценка материалов в баллах

Материал	Работоспособность	Технологичность	Экономичность
Чугун	4	4	5
Сталь	5	5	4
Титан	4	4	3
Алюминий	4	4	4
Золото	3	3	2

По всем параметрам подходит сталь, поскольку она хорошо работает на изгиб и растяжение, легко сваривается и экономически оправдана. Затем выбирается конкретная марка стали, обычно Ст2 или Ст3 ГОСТ 380-88. Далее следует определить допустимые напряжения:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[Sr]}$$

Что делать дальше? Возможные варианты:

- конструировать форму стойки по длине;
- конструировать форму поперечного сечения стойки;
- конструировать форму консоли по длине и поперечному сечению;
- конструировать форму основания и определить напряжение в опасном сечении.

Начать можно с любого пункта.

1. Конструирование формы стойки по длине.

Могут быть предложены различные варианты, некоторые из которых показаны на рис.7.

Рис. 7. Формы стойки по длине

После анализа всех предложенных вариантов следует обратить внимание на форму эпюр и сделать вывод, что форма должна быть постоянной по всей длине, то есть в виде прямоугольника (вариант 7 на рис. 7).

2. Конструирование формы поперечного сечения стойки.

Формы поперечного сечения стойки, которые предлагаются чаще всего, показаны на рис. 8.

Рис. 8. Формы поперечного сечения стойки

В этом случае также необходим анализ предложенных вариантов. Варианты 1 и 2 не подходят по причине возникновения косоугольного изгиба, который приводит к перекоосу консоли. Варианты 5 и 7 подходят лучше, чем 3, 4 и 6, из-за действия изгибающего момента M_x . Варианты 8 и 9 не подходят, так как не соответствуют условию равнопрочности. Кроме того, существенным недостатком перечисленных вариантов является сложность соединения стойки с консолью.

Наиболее подходящими являются сечения 10 – труба круглая и 11 – труба квадратная.

3. Конструирование формы консоли по длине и поперечному сечению.

Варианты формы поперечного сечения консоли показаны на рис. 8.

Рис. 9. Форма консоли по длине

Вариант 2 подходит по условию равнопрочности, но на конце консоли необходимо разместить передачу винт-гайка, а места для нее нет. Вариант 3 подойдет лучше, однако для единичного производства рациональнее использовать вариант 1, поскольку в нем есть место для передачи винт-гайка, поперечное сечение выбирается по аналогии со стойкой. Кроме того, консоль такой формы легко соединить со стойкой.

Таким образом консоль и стойку целесообразно выполнять из стандартной трубы квадратного сечения (см. рис. 8).

4. Конструирование формы основания.

Форма основания определяется на основании размеров рабочей зоны $L \times B$, определенных техническим заданием и размером сечения стойки C . Варианты формы основания показаны на рис. 10.

Рис. 10. Форма основания

Делать основание, вырезав его из достаточно толстого листа, как чаще всего предлагают студенты, нецелесообразно, из-за высокой металлоемкости конструкции и некоторых сложностей изготовления, однако такой вариант возможен по согласованию с заказчиком.

Основание следует выполнять по методике проектирования плит и рам. В этом случае, толщина основания S определяется по формуле:

$S = (0,09 \div 0,1)(L + C)$, где L – длина рабочей зоны, C – размер сечения квадратной трубы стойки.

Затем по ширине B и длине $(L+C)$ рабочей зоны подбирается стандартный швеллер высотой $(B+\Delta)$, с которого затем срезается полка (рис. 11).

Рис. 11. Основание в виде части швеллера

Однако, основание можно сварить из стального листа, как показано на рис. 12.

Рис. 12. Основание в виде сварной конструкции

Толщина силового листа определяется по формуле:

$$\delta = 1,2\sqrt{M_u}, \text{ где } M_u - \text{изгибающий момент.}$$

Рекомендуемая толщина ребра жесткости $\delta' = 0,7\delta$.

Далее следует сказать, что на стадии эскизного проекта выполняются проекторочные расчеты, которые позволяют приближенно определить размеры изделия, необходимые для выполнения эскиза или чертежа.

Затем в ходе дискуссии необходимо найти опасное сечение (рис. 13).

Рис. 13. Схема напряжений в опорном сечении

Из схемы видно, что опасными являются точки 1 и 2. Условие прочности в этом случае имеет вид:

$$\sigma = \sigma_{Fz} + \sigma_{Mx} = \frac{Fz}{A} + \frac{Fzl}{W_x} \leq [\sigma],$$

где σ – расчетное напряжение в опасной точке;

σ_{Fz} – напряжение от деформации растяжения;

σ_{Mx} – напряжение от изгибающего момента;

Fz – осевая сила (сила растяжения);

W_x – осевой момент сопротивления;

A – площадь поперечного сечения.

Решить это уравнение относительно какого-либо геометрического размера сечения достаточно сложно, поэтому рекомендуется задать размеры стандартной квадратной трубы и выполнить проверочный расчет по условию прочности и методом подбора определить необходимые размеры сечения трубы для стойки и консоли.

По полученным размерам передачи винт-гайка и корпуса выполняется схематичный чертеж типографского пресса, который конструкторы обычно называют «компоновка». Компоновка типографского пресса показана на рис. 14.

Рис. 14. Компоновка типографского пресса

На этом этапе эскизный проект можно считать завершенным. Для того, чтобы компоновка превратилась в чертеж общего вида, необходимо уточнить геометрическую форму и размеры корпуса и выполнить расчет на жесткость. Для расчета рекомендуется использовать систему автоматического проектирования ARMWinmashin или Inventor. Затем следует разработать и рассчитать прижимную плиту, перекидную рукоятку, а также подвижное соединение винта и прижимной плиты. После этого можно приступить к выполнению чертежа общего вида, затем сборочного чертежа, спецификации и рабочих чертежей всех деталей.

В заключении отметим, что проектирование – это техническое творчество. Предлагаемая методика проведения практического занятия способствует развитию творческого мышления студентов и является первым шагом на пути становления инженера-конструктора.

1. Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для студентов технических вузов / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – 8 изд. – М.: Академия, 2004. – 496 с.
2. Золин, И.М. Справочник конструктора (машиностроение): в 2 т. / И.М. Золин, В.В. Зыбкин; Изд. «Вента-2». Н. Новгород, 2003. Том 1. – 497 с.
3. Курмаз, Л.В. Детали машин. Проектирование: справочное учебно-методическое пособие / Л.В. Курмаз, А.Т. Скойбеда. – М.: Высш. шк., 2004. – 308 с.
4. Бурлай, В.В., Винтовая линия и поверхность. Формы и устройства с участием винтовой поверхности: учеб. пособие. / В. В. Бурлай. – М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 44 с.