электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51036. ISSN 2307-0595

Системный подход при определении коэффициента сложности сборочной единицы, используемой в графической подготовке студентов младших курсов технических специальностей

06, июнь 2016

Пугин Г. А.[1], Бескровный Д. В.[1], Минеев А. Б.[1,*]

УДК: 378.147

[1]Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
*mineev30@yandex.ru

Введение

Инженер должен знать основы машиностроительного черчения, чтобы свободно читать уже имеющуюся конструкторскую документацию, уметь обмерить деталь и грамотно выполнить ее эскиз.

МГТУ им. Н.Э. Баумана готовит специалистов разных специальностей и направлений подготовки – от приборостроительных до машиностроительных. Большинство из них изучает курс инженерной графики в рамках общеобразовательной дисциплины. В связи с таким разнообразием специальностей не представляется возможным комплектовать парк сборочных единиц в соответствии с каждым профилем подготовки будущих специалистов.

Однако очевидно, что есть много общих задач, которые могут быть решены при сквозной подготовке инженеров различных специальностей. Решению таких задач и служит задание «Выполнение эскизов деталей и сборочного чертежа», которое ставит перед студентами следующие цели:

- получение навыков работы со стандартами[5],
- знакомство со стадиями разработки конструкторской документации, видами и комплектностью конструкторских документов, и правилами выполнения ряда документов: эскиза детали, чертежа детали, сборочного чертежа и чертежа общего вида,
- получение начальных навыков работы с реальными объектами машиностроительного производства,
- изучение назначения и взаимодействия деталей в сборочной единице,
- выявление поверхностей, ограничивающих деталь,
- выбор количества изображений и выбор главного изображения,
- знакомство с приемами съемки размеров деталей и применяемым для этого инструментом,
- получение представления о простановке размеров сопрягаемых поверхностей деталей с учетом конструкторских баз,

- выполнение рабочего чертежа по эскизу детали,
- изучение требований к выполнению сборочного чертежа и составлению спецификации,
- закрепление навыков работы со справочной литературой.

Поскольку поставленные задачи являются общими для различных специальностей, можно говорить об ограниченном количестве типов сборочных единиц при комплектовании заданий. При этом каждая сборочная единица должна содержать различные по конфигурации детали и соединения. Детали, входящие в сборочную единицу, могут быть как оригинальные, так и стандартные.

К оригинальным деталям можно отнести детали мелкосерийного и единичного производств. Они как правило имеют достаточно сложные поверхности. Изучение и изображение таких деталей позволяет студентам закрепить теоретические знания, полученные ими при изучении поверхностей и построений линий пересечения в курсе начертательной геометрии. На примере выполнения эскизов и чертежей деталей, полученных штамповкой и гибкой, студенты знакомятся с особенностями выбора видов, выполнением разверток и простановкой размеров, присущих данному типу изделий.

Группа стандартных деталей, обычно включает в себя различные болты, винты, гайки, шпонки, штифты и т.д. Студенты знакомятся со стандартами на эти детали, а также прорабатывают изображения конструктивных элементов деталей: проточек, канавок и опорных поверхностей под крепежные детали[4].

Сборочные единицы не должны быть громоздкими, тяжелыми, содержать острые кромки и другие предположительно травмоопасные элементы. Немаловажным фактором, определяющим использование изделия в качестве учебной сборочной единицы, является возможность выполнения с ней сборочно-разборочных операций без применения специального инструмента. У студента должна быть возможность выполнения полной разборки механизма в рамках аудиторного занятия.

При этом специфика каждой специальности ставит задачу по комплектованию гибкого парка заданий сборочных единиц, со значительным перекрытием возможного количества обучаемых в одной группе и регулированием сложности задания применительно к каждой специальности. Уровень сложности задания можно определять по различным критериям. Так, для машиностроительных специальностей, можно сделать упор на сложность и количество геометрических поверхностей, встречающихся в одном изделии, количество деталей сложной формы в одной сборочной единице, степень визуальной открытости взаимодействующих деталей, облегчающих понимание изделия, общее количество конструктивных элементов в изделии, наличие в составе изделия сборочных единиц, изготовляемых наплавкой и заливкой. Для приборостроительных специальностей можно акцентировать внимание на особенностях конструкции механизма в целом, не перегружая студента машиностроительной спецификой и при этом сохраняя уровень требований к качеству выполнения и оформления документации.

В таблице 1 приводится пример описания для преподавателей одного из стеллажей с комплектом сборочных единиц.

Таблица 1. Пример описания

№ п/п	№№ ящика	Наименование сборочной единицы	Сложность	Кол-во деталей	Кол-во эскизов	Рекомендуемый масштаб сб. чертежа
1	А-1	Вентиль	простая	5	5	1:1
2	А-2	Пневматический клапан	средняя	14	14	1:1
3	А-49	Насос шестеренчатый	сложная	9	11	2:1
4	А-62	Насос диафрагменный	сложная	13	10	1:1
5	А-132	Люнет	сложная	11	7	1:1
6	А-199	Тиски	сложная	6	6	1:1
7	А-274	Редуктор конический	сложная	11	6	1:1
8	А-230	Поршень с шатуном	простая	7	6	1:1
9	А-236	Гидравлический замок	средняя	10	10	1:1
10	А-249	Воздухораспределитель	средняя	8	8	2:1

Из таблицы видно, что использованная методика оценки сложности сборочных единиц носит приближенный характер и не имеет системного подхода, так как не прослеживается четкой связи между особенностями изделий и характеристикой их сложности.

Проведем оценку сложности изделий, указав конкретные критерии и степень их влияния на общий показатель.

Для большей наглядности введем маркировку сложности сборочной единицы через переменную S, которая охватит следующие группы критериев: группа 1 – общее количество изделий в сборочной единице; группа 2 – простота конструкции; группа 3 – наличие сборочных единиц в составе механизма.

В группе 1 будут такие критерии как количество оригинальных деталей и наличие стандартных изделий в составе механизма.

В составе группы 2 будут критерии: наличие сборочных единиц, выполняемых заливкой или наплавкой и наличие сборочных единиц, выполненных соединением.

В состав группы 3 включим следующие критерии: форма поверхностей, определяющих деталь; наличие конструктивных элементов; удобство работы с деталями; наличие деталей с конструкцией, ограничивающей визуальное восприятие формы внутренней поверхности.

Переменная A характеризует группу 1 и определяется следующим уравнением:

$$A = \frac{(a_1 + a_2)}{2},$$

где a_1 – количество оригинальных деталей и a_2 – наличие стандартных изделий в составе механизма.

Параметр a_1 может принимать следующие значения: 15 и более деталей – $a_1 = 1$; от 10 до 14 деталей – $a_1 = 0.7$; от 6 до 9 деталей – $a_1 = 0.5$; менее 6 деталей – $a_1 = 0.3$.

Значение параметра a_2 определяется следующим уравнением:

$$a_2 = b_1 + b_2,$$

где b_1 – крепежные стандартные изделия, b_2 – другие стандартные изделия.

Параметр b_1 может принимать следующие значения: есть крепежные стандартные изделия – $b_1 = 0.5$, крепежных стандартных изделий нет – $b_1 = 0$.

Параметр b_2 может принимать следующие значения: другие стандартные изделия присутствуют – $b_1 = 0.5$, других стандартных изделий нет – $b_2 = 0$.

Переменная C характеризует группу 2 и определяется:

$$C = \frac{(c_1 + c_2)}{2},$$

где c_1 – наличие сборочных единиц, выполняемых заливкой или наплавкой и c_2 – наличие сборочных единиц, выполненных соединением.

Параметр c_1 может принимать следующие значения: сборочные единицы, выполненные заливкой или наплавкой, присутствуют – $c_1 = 1.3$, отсутствуют – $c_1 = 0$.

Параметр c_2 может принимать следующие значения: сборочные единицы, выполненные соединением, присутствуют – $c_2 = 0.7$, отсутствуют – $c_2 = 0$.

Группа 3 характеризуется переменной D значение, которой определяется следующим уравнением.

$$D = \frac{(d_1 + d_2 + d_3 + d_4)}{4},$$

где: d_1 – форма поверхностей, определяющих деталь; d_2 – наличие конструктивных элементов; d_3 – удобство работы с деталями; d_4 – наличие деталей с конструкцией, ограничивающей визуальное восприятие формы внутренней поверхности.

Параметр d_1 может принимать следующие значения: форма задана поверхностями конус, цилиндр и призма – $d_1 = 0.5$; форма заданная криволинейной поверхностью – $d_1 = 1$.

Параметр d_2 может принимать следующие значения: конструктивные элементы отсутствую в деталях – $d_2 = 0$; присутствуют конструктивные элементы одного типа – $d_2 = 0.5$; присутствуют конструктивные элементы разных типов – $d_2 = 1$.

Параметр d_3 может принимать следующие значения: детали большого и среднего размера – $d_3 = 0$; мелкие детали – $d_3 = 1$.

Параметр d_4 может принимать следующие значения: в сборочной единице присутствуют детали с конструкцией, ограничивающей визуальное восприятие формы внутренней поверхности – $d_4 = 1$; отсутствуют – $d_4 = 0$.

В результате сложность сборочной единицы определим как:

$$S = \frac{A + C + D}{3}.$$

Подставив выражения для переменных A, C и D получим:

$$S = \frac{2 \times (a_1 + b_1 + b_2 + c_1 + c_2) + (d_1 + d_2 + d_3 + d_4)}{12}.$$

Примем следующее деление на уровни сложности:

- уровень сложности 0 – $0 < S \le 0.25$;
- уровень сложности 1 – $0.25 < S \le 0.5$;
- уровень сложности 2 – $0.5 < S \le 0.75$;
- уровень сложности 3 – $0.75 < S \le 1$

Проведем исследование влияния различных параметров на оценку сложности сборочной единицы, для чего рассчитаем коэффициент сложности для каждой, из приведенных ранее, сборочных единиц.

Таблица 2. Коэффициент сложности

№ п/п	Наименование сборочной единицы	a_1	b_1	b_2	c_1	c_2	d_1	d_2	d_3	d_4	S	К сложн.
1	Вентиль	0.3	0	0.5	1.3	0	0.5	0	0	0	0.39	1
2	Пневматический клапан	0.7	0	0.5	0	0.7	0.5	0.5	0	1	0.48	1
3	Насос шестеренчатый	0.5	0.5	0	0	0.7	0.5	1	1	0	0.49	1
4	Насос диафрагменный	0.7	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	0	0	0.37	1
5	Люнет	0.7	0.5	0.5	0	0.7	0.5	0	0	0	0.44	1
6	Тиски	0.5	0.5	0	0	0	1	0	0	1	0.33	1
7	Редуктор конический	0.7	0.5	0	0	0.7	1	0.5	0	0	0.44	1
8	Поршень с шатуном	0.5	0.5	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0.25	0
9	Гидравлический замок	0.7	0	0.5	1.3	0	0.5	0.5	1	1	0.67	2
10	Воздухораспределитель	0.5	0	0.5	0	0.7	0.5	0.5	1	1	0.53	2

Из полученных данных можно сделать заключение, что предложенный метод оценки сложности сборочной единицы, используемой в качестве учебного материала, обладает большей точностью, наглядностью и сбалансированностью, так как обладает четким алгоритмом и исключает влияние человеческого фактора на качество результата. При этом изменение или добавление новых критериев позволит расширить возможности по созданию комплектов заданий, ориентированных на конкретные специальности.

Преподаватель может выдавать задание, ориентируясь не только на рассчитанный коэффициент сложности, но и на наличие тех или иных значений критериев.

Работа студентов над заданием выполняется в следующем порядке.

Сначала выполняются эскизы оригинальных деталей. Число деталей, необходимое для качественной и всесторонней проработки темы, не более десяти-одиннадцати.

На этом этапе студенты закрепляют знания ГОСТов ЕСКД[5], изучают последовательность выполнения эскиза, знакомятся с требованиями к оформлению конструктивных элементов и приобретают навыки работы с измерительным инструментом.

При выполнении задания на эскизирование вначале выполняется эскиз корпусной детали, затем - эскизы других деталей в порядке выполнения сборочных операций. Такая последовательность обеспечивает правильную простановку размеров, выбор баз и контроль сопряженных размеров. Одновременно студентами отрабатываются сборочно-разборочные операции, и изучается взаимодействие деталей в механизме. Следует учесть, что корпусная деталь, как правило, самая сложная, поэтому на ее отработку уходит больше времени, чем на все остальные детали вместе взятые; при планировании рабочего времени половину необходимо отводить на корпусную деталь.

На следующем этапе выполняются рабочие чертежи по эскизам оригинальных деталей. Одновременно проверяется правильность простановки размеров на эскизе, тщательность проработки различных поверхностей и линий перехода, и есть возможность сравнить оригинал с чертежом детали. Поскольку параллельно в курсе компьютерной графики студенты изучают одну из программ САПР, часть или все чертежи могут быть выполнены в этом приложении с обязательным созданием электронной модели каждой детали, что в свою очередь благотворно сказывается на понимании как особенностей геометрии отдельных деталей, так и функционирования механизма в целом[2].

Требования, предъявляемые к изображению деталей на чертеже следующие: необходимо, чтобы рабочий чертеж корпусной детали, выполненный в масштабе М 1:1, размещался на формате А2 и содержал необходимое количество изображений. Остальные детали выполняются на листах форматов А3 и А4.

На завершающем этапе выполняется сборочный чертеж изделия. Сборочный чертеж содержит изображение сборочной единицы и все данные, необходимые для ее изготовления, сборки и контроля, к ним относятся номера позиций составных частей, необходимые размеры, технические требования и др.. Сборочный чертеж студенты выполняют, как правило, в масштабе М 1:1 и на формате А1. Выполнение этого этапа позволяет подчеркнуть различия в оформлении документации для различных изделий производства, закрепить знания положений стандартов и навыков их использования применительно к различным конструкторским документам.

При выполнении электронной модели всех оригинальных деталей механизма, студенты выполняют сборку и сборочный чертеж средствами САПР, что позволяет закрепить навыки работы в выбранной среде проектирования, а также знания стандартов на выполнение электронной модели и электронного документа.

В заключение работы выполняется основной конструкторский документ сборочной единицы – спецификация, определяющий состав сборочной единицы, информацию для

комплектования конструкторских документов и планирования запуска в производство. На этом шаге изучаются правила оформления текстовых документов, комплектование основного конструкторского документа на сборочную единицу.

Выполненный объем работ позволит студенту качественно подготовиться к следующему этапу обучения – выполнению рабочих чертежей деталей по чертежу общего вида.

Заключение

На основе представленной методики оценки коэффициента сложности сборочных единиц, можно систематизировать выдачу студентам комплекта заданий, ориентируясь как на их личностные качества, так и на особенности их профессиональной подготовки. Так же такой подход развивает профильно-специализированные компетенции, необходимые для освоения дисциплины при выполнении объема учебного плана[3]. При этом объем, содержание и структура студенческого задания позволяет реализовать модульную структуру содержания дисциплины Инженерная графика [1].

Список литературы

[1]. Бородкин Н.Н., Бескровный Д.В. Модульно-компетентностный подход оптимизации структуры и содержания графических дисциплин в ТулГУ. // Материалы 3-й Всероссийской научно-технической конференции "Инновационное развитие образования, науки и технологии" (14-15 ноября 2012 г.). Тула: ТулГУ. 2012. Ч.1. С.23-28

[2]. ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Электронная модель изделия. Общие положения. Введ. 2006-09-01. М.: Стандартинформ. 2007. 15 с.

[3]. Зеленцов В. В., Суркова Н. Г., Минеев А. Б., Щеглов Г. А. Формирование PLM-компетенций при помощи вычислительно-графической практики // Открытое образование. М.: Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова. 2014. № 6. С.72-79.

[4]. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей. 8-е изд. Серия: Бакалавр. М.: Юрайт. 2011. 448 с.

[5]. Сборник стандартов. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). – М.: Стандартинформ. 2012. 500 с.