



Обеспечение качества технических изделий путем контроля проекта



Д.Д. Грибанов

к.т.н., профессор
МАМИ; Москва



В.В. Мартишкин

к.т.н., доцент
МАМИ; Москва

1. Определение качества технического изделия на стадиях ЭП и ТП

На стадиях ЭП и ТП прежде всего составляют структурную схему изделия. Структурная схема изделия должна не только соответствовать его спецификации, но и соответствовать порядку сборки изделия при его изготовлении. Стандартные изделия и материалы в структурную схему изделия не включают.

На рис. 1 показана структурная схема условного технического изделия.

В табл. 1 показаны формулы расчета качества этого изделия. Качество изделия является относительной величиной, т.е. качество определяется в сравнении с качеством базового образца, соответствующим наивысшим показателям качества на данный момент.

Все детали, из которых состоят технические изделия, мы классифицируем по группам и типам. Такая классификация представлена в табл. 2. Все известные детали классифицированы на группы и типы от 1а до 8б.

В табл. 3 представлены параметры деталей, сборочных узлов и изделий, которые учитываются при определении качества на этапах ЭП и ТП. На этих этапах рабочих чертежей деталей еще нет, поэтому предварительное качество деталей про-

ектируемого изделия можно определить только на основе качественных (описательных) параметров. Показатели деталей сборочных единиц и всего изделия в целом представляют собой относительные (безразмерные) коэффициенты, отражающие влияние показателей параметров, описанных в табл. 3, на качество сборочных единиц и изделия в целом.

Определение показателей параметров сборочных единиц и изделия в целом проводят по табл. 3, а определение параметров деталей проводят по табл. 4–6. По этим таблицам назначают соответствующие коэффициенты, исходя из понимания значения и характера детали.

2. Расчет качества базового образца изделия

Основной проблемой при определении качества является определение качества технического изделия, принимаемого за базовое или за эталон. В большинстве случаев не существуют эталонные образцы для конкретного оцениваемого изделия, поэтому за базовый мы принимаем реальный образец изделия такой же конструкции, но воплотивший в себе современные научно-технические достижения и соответствующие реальным

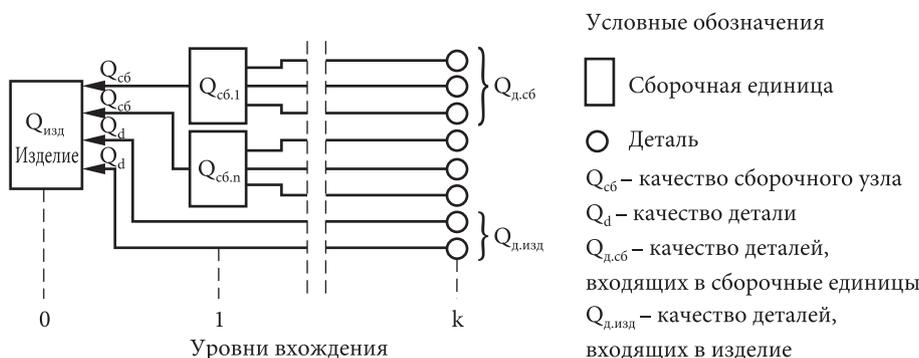


Рис. 1. Структурная схема условного технического изделия

Таблица 1.

Формулы расчета качества технического изделия

Формула расчета показателя качества технического изделия	
$Q_{изд} = \overline{K_{изд}} \left[\sum_{i=1}^m Q_{сб} + \sum_{i=1}^n Q_d \right] = \overline{K_{изд}} \left[\sum_{i=1}^m \beta_{сб} \left(\overline{K_{сб}} \sum_{i=1}^n Q_d \right) + \sum_{i=1}^n \beta_d \cdot \overline{k_d} \right]$	
m	Количество сборочных единиц 1-го уровня
n	Количество деталей не входящих в сборочные единицы
$\overline{K_{изд}} = \sqrt[3]{k_n \cdot k_{по} \cdot k_{ст}}$	Среднее геометрическое показателей изделия (т.е. изделия в сборе, куда входят сборочные узлы и детали), где: k_n – коэффициент новизны конструкции, $k_{по}$ – коэффициент повторяемости, $k_{ст}$ – коэффициент стандартизации
$Q_{сб} = \beta_{сб} \left(\overline{K_{сб}} \sum_{i=1}^n Q_d \right)$	Качество сборочного узла
$\beta_{сб}$	Нормированный коэффициент весомости сборочного узла в конструкции изделия (назначает конструктор или квалиметриолог)
$\overline{K_{сб}} = \sqrt[3]{k_{но} \cdot k_{сб} \cdot k_{пр}}$	Среднее геометрическое показателей сборочной единицы, входящей в изделие, где: $k_{но}$ – коэффициент уровня нормализации, $k_{сб}$ – коэффициент сборности, $k_{пр}$ – коэффициент применяемости
$Q_d = (\beta_d \cdot \overline{k_d})$	Качество детали
$\beta_d = \frac{r_d}{\sum r_d}$	Нормированный коэффициент весомости детали в пределах сборочного узла
r_d	Балльная оценка детали в пределах сборочного узла
$\overline{k_d} = \sqrt[3]{k_{сл} \cdot k_t \cdot k_k}$	Среднее геометрическое показателей детали, где: $k_{сл}$ – коэффициент сложности, k_t – показатели категорий точности, k_k – признаки категорий объектов контроля

Таблица 2.

Назначение и классификация деталей

№	Группы деталей	Примеры деталей	Типы деталей	№
1	Корпусные, выполняющие функции неподвижных опор	Станины, кронштейны, крышки и т. п.	Стандартизированные	1а
			Оригинальные	1б
2	Детали механизмов, с помощью которых преобразуются перемещения	Рычаги, зубчатые колеса, кулачки, шкивы, звездочки	Стандартизированные	2а
			Оригинальные	2б
3	Соединительные	Резьбовые детали, штифты, шпонки, шпильки и т. п.	Стандартизированные	3а
			Оригинальные	3б
4	Направляющие, обеспечивающие перемещение других деталей в заданном направлении	Подшипники, направляющие для поступательного движения	Стандартизированные	4а
			Оригинальные	4б
5	Уплотнительные, применяемые для герметизации закрытых полостей	Фланцы, ниппели, штуцеры, сальниковые втулки и т. п.	Стандартизированные	5а
			Оригинальные	5б
6	Упругие элементы	Пружины, мембраны, сильфоны и др.	Стандартизированные	6а
			Оригинальные	6б
7	Детали отсчетных устройств, предназначенные для визуального наблюдения за изменением измеряемого физического параметра	Циферблаты, указатели, перья, диаграммные диски и ленты	Стандартизированные	7а
			Оригинальные	7б
8	Вспомогательные, облегчающие эксплуатацию готового изделия	Ручки, крюки, петли, смотровые стекла и другая арматура	Стандартизированные	8а
			Оригинальные	8б

Показатели параметров деталей, сборочных узлов и изделий, которые учитываются при определении качества изделия

Степень детализации	Показатели параметров		Формула или ссылки на таблицу
Детали	$k_{сл}$	Уровень сложности	См. табл. 4
	$k_{т}$	Категория точности	См. табл. 5
	$k_{к}$	Категория контроля качества	См. табл. 6
Сборочные единицы	$k_{но}$	Коэффициент уровня нормализации	$k_{но} = \frac{N_{дн}}{N_{д}} \cdot 100\%$ <p>$N_{дн}$ – число нормированных (станд-х) деталей; $N_{д}$ – численность всех деталей в изделии</p>
	$k_{сб}$	Коэффициент сборности	$k_{сб} = \frac{E}{E + D}$ <p>E – число сборочных единиц в изделии; D – число деталей в изделии</p>
	$k_{пр}$	Коэффициент применяемости унифицированных деталей	$k_{пр} = \frac{D_y}{D}$ <p>D_y – число унифицированных деталей; D – общее число деталей</p>
Изделие	$k_{по}$	Коэффициент повторяемости	$k_{по} = \frac{N_{об} - N}{N - 1}$ <p>$N_{об}$ – общее число основных частей изделия; N – количество повторяющихся составных частей изделия</p>
	$k_{н}$	Коэффициент новизны конструкции	$k_{н} = \frac{M_n}{M}$ <p>M_n – число новых элементов; M – общее число элементов</p>
	$k_{ст}$	Коэффициент стандартизации изделия	$k_{ст} = \frac{N_{ст.е} + N_{ст.д}}{N_{оч} - N_m}$ <p>$N_{ст.е}$ – число стандартных сборочных единиц; $N_{ст.д}$ – число стандартных деталей не вошедших в состав сборочных единиц; $N_{оч}$ – общее число составных частей; N_m – число стандартных деталей (метизы)</p>

Таблица 4.

Коэффициент сложности k_{cl}

№ п/п	Группы сложности деталей	Описание групп сложности деталей Примерный перечень характерных деталей	k_{cl}
1	Простые	Гладкие и эксцентриковые валики, шкивы гладкие, фланцы, шайбы, шпонки, крышки, колпаки, кольца, тяги, рукоятки, хомуты, крепежные болты и гайки, гладкие стаканы, короткие гильзы	0,7
2	Средней сложности	Валы, валики и ступенчатые стаканы, кулаки, кронштейны, серьги, планки, клинья, ползуны, рейки, опорные гайки, накладные направляющие, шатуны, рычаги, полумуфты, поворотные части, вилки, сухари, основания, основания станин, неподвижные и подвижные губки	0,9
3	Сложные	Станины, стойки, хоботы, траверсы, верхние и нижние суппорты, круглые столы, планшайбы, корпуса шпиндельных коробок, передних и задних бабок, коробок скоростей и коробок подач, фартуки, поворотные круги, оправки, балансировочные оправки, гильзы, пиноли, цанги, плиты, звездочки, коленчатые и кулачковые валы, клеммы, ходовые винты и гайки, зубчатые колеса	1,0

Таблица 5.

Показатели категорий точности k_m

№	Вид обработки	Квалитет	Класс точности	k_m
1	Отрезка: пилой, резцом, фрезой, абразивом	17...15	7	0,3
2	Строгание, фрезерование, обтачивание обдирочное, сверление и зенкерование черновое	14...12	6	0,4
3	Сверление, зенкерование, растачивание, развертывание чистовое	11...10	5	0,5
4	Шабрение, шлифование, калибрование отверстий, протягивание, обкатывание роликами чистовое	9...8	4	0,7
5	Калибровка, развальцовка, прошивка, доводка тонкая	7	3	0,8
6	Полирование обычное, доводка средняя, притирка чистовая, хонингование цилиндров	6	2	0,9
7	Полирование тонкое, доводка тонкая, притирка тонкая, суперфиниширование	5	1	1,0

Таблица 6.

Признаки категорий объектов контроля k_k

Категория контроля	k_k	Объекты контроля	Признаки категорий объектов контроля
0	1,0	Авиационная техника	Особо высокое качество, точность, надежность и безопасность, отсутствие критических дефектов, допускается наличие малозначительных и незначительных дефектов в пределах приемочного уровня дефектности
1	0,8	Изделия, составные части изделий, технологические процессы	Особо высокое качество, точность, надежность и безопасность, так как возможно появление критических дефектов, допускается наличие значительных, малозначительных и незначительных дефектов в пределах приемочного уровня дефектности
2	0,6	Изделия, составные части изделий, средства технологического оснащения	Особо высокое качество, точность и надежность, так как возможно появление значительных дефектов. Допускается наличие малозначительных и незначительных дефектов в пределах приемочного уровня дефектности
3	0,4		Экономически оптимальное качество и точность. Допускается наличие малозначительных и незначительных дефектов в пределах приемочного уровня дефектности
4	0,2	Изделия, составные части изделий	Второстепенное качество и точность. Допускается наличие только незначительных дефектов в пределах приемочного уровня дефектности

возможностям производства. В нашем случае за базовый образец принимается изделие точно такой же структуры и функциональных возможностей, но с наилучшим, достижимым на данный момент качеством деталей. Для описания качества сборочных единиц и изделия в целом принимаются такие же параметры, как и у оцениваемого образца. Изменяются только параметры деталей.

Таким образом, у базового изделия в расчет принимаются наилучшие базовые (достижимые в современных условиях) показатели, а у оцениваемого изделия в расчет принимаются фактические показатели качества.

В табл. 7 представлена матрица расчета параметров показателей базовых деталей.

Состав формулы расчета качества базового образца изделия такой же, как у оцениваемого, только в формуле учитывают базовые показатели параметров (табл. 8).

$$Q_{б.изд} = \overline{K}_{изд} \left[\sum_{i=1}^m Q_{б.сб} + \sum_{i=1}^n Q_{б.д} \right]. \quad (1)$$

Относительное качество оцениваемого технического изделия рассчитывают по формуле:

$$Y = \frac{Q_{изд}}{Q_{б.изд}} \times 100\% , \quad (2)$$

где Y – уровень качества оцениваемого изделия;
 $Q_{изд}$ – качество оцениваемого изделия;
 $Q_{б.изд}$ – качество базового изделия.

Если качество оцениваемого изделия ниже базового, то в отношении оцениваемого изделия принимают научно-технические, производственно-технологические, организационные, коммерческие и другие управленческие решения, направленные на достижение качества базового изделия.

3. Расчет качества изделия на этапе разработки рабочей документации

На этом этапе рассчитывают только качество деталей, входящих в сборочные единицы и изделие в целом. Показатели, относящиеся к сборочным единицам и ко всему изделию, остаются прежними, полученными на стадиях ЭП и ТП. Эти показатели вступают в силу после утверждения ТЗ и согласования ЭП и ТП с заказчиком.

Всего параметров, отражающих качество деталей, свыше 20. Однако для пояснения метода расчета достаточно использовать 2–3 параметра.

Таблица 7.

Матрица расчета параметров показателей базовых деталей

Назначение и классификация деталей			Коэффициент сложности $k_{сл}$			Показатели категорий точности k_m Вид обработки						Признаки категорий контроля k_k Объекты контроля					Показатель параметра базовых деталей $K_{баз}$
№	Группа	Тип	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	
			0,7	0,9	1,0	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	
1	1а	Станд.			*				*						*		0,824
	1б	Оригин.		*				*						*			0,646
2	2а	Станд.		*				*						*			0,711
	2б	Оригин.	*				*							*			0,551
3	3а	Станд.		*					*						*		0,795
	3б	Оригин.	*					*						*			0,594
4	4а	Станд.			*					*					*		0,861
	4б	Оригин.		*					*					*			0,723
5	5а	Станд.			*				*					*			0,748
	5б	Оригин.		*				*						*			0,646
6	6а	Станд.		*					*					*			0,723
	6б	Оригин.		*					*					*			0,723
7	7а	Станд.		*					*						*		0,711
	7б	Оригин.	*						*						*		0,594
8	8а	Станд.	*						*					*			0,594
	8б	Оригин.	*						*					*			0,594



В качестве таких параметров мы выбрали наиболее важные параметры технологии обработки.

В табл. 9 показаны параметры, по которым ведется расчет.

В табл. 10 показан порядок расчета параметров на примере условных деталей. Результаты представляют собой относительные (безразмерные) величины

и говорят о том, что оцениваемые детали необходимо доработать до параметров, соответствующих базовым показателям. В этом случае оцениваемое изделие может достигнуть уровня качества базового изделия.

В табл. 11 показаны значения параметров, которые должны иметь оцениваемые детали, адекватные качеству базового изделия.

Таблица 8.

Базовые показатели параметров для различных групп и типов деталей (сводные данные по табл. 7)

Группы деталей	№ типа	Типы деталей	Базовые показатели параметров
1. Корпусные	1а	Стандартизированные	0,824
	1б	Оригинальные	0,646
2. Детали перемещения	2а	Стандартизированные	0,711
	2б	Оригинальные	0,551
3. Соединительные	3а	Стандартизированные	0,795
	3б	Оригинальные	0,594
4. Направляющие	4а	Стандартизированные	0,681
	4б	Оригинальные	0,723
5. Уплотнительные	5а	Стандартизированные	0,748
	5б	Оригинальные	0,646
6. Упругие элементы	6а	Стандартизированные	0,723
	6б	Оригинальные	0,723
7. Детали отсчетных устройств	7а	Стандартизированные	0,711
	7б	Оригинальные	0,594
8. Вспомогательные	8а	Стандартизированные	0,594
	8б	Оригинальные	0,594

Таблица 9.

Параметры деталей, учитываемые при расчете их качества

Коэффициент точности $k_{тч}$	<p>Отношение типовой (наиболее распространенной) точности деталей IT_6 (допуск T_6), взятой для любого произвольного размера, к среднему значению допусков IT_{cp} всех поверхностей детали того же размера:</p> $k_{тч} = \frac{IT_6}{IT_{cp}}, \quad IT_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n IT_{N_i} \times P_{N_i}}{n}$ <p>n – общее число обрабатываемых поверхностей детали, ($n = 1, 2, \dots$); N_i – номера классов точности обрабатываемых поверхностей; P_{N_i} – кол-во поверхностей, имеющих точность соответствующего класса; IT – класс, показатель точности обработки поверхностей.</p>
Коэффициент технологического запаса точности	$k_{зт} = \frac{T_d}{T_{и}}$ <p>T_d – допустимая погрешность детали ($[\Delta]$); $T_{и}$ – действительная (измеренная) погрешность изделия (Δ).</p>
Коэффициент шероховатости	$k_{ш} = \frac{2,5}{Rz_{cp}}$ <p>2,5 мкм – значение базового параметра шероховатости Rz для 8-го класса шероховатости; Rz_{cp} – среднее значение параметра шероховатости Rz на всех обрабатываемых поверхностях:</p> $Rz_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Rz_i P_i,$ <p>где n – общее число обрабатываемых поверхностей; P_i – кол-во поверхностей детали, имеющих соответствующую шероховатость Rz; Rz_i – параметр шероховатости i-й поверхности.</p>

Расчет фактических параметров условных деталей, учитываемых при расчете их качества (по данным табл. 9)

Коэффициент точности $k_{тч}$ $\left(k_{тч} = \frac{IT_6}{IT_{cp}} \right)$	
Фактические параметры (по чертежу)	<p>Деталь имеет количество обрабатываемых поверхностей $n = 7$. Квалитеты поверхностей $IT_{12}, P_{12}, IT_8, P_8, IT_6, P_6, IT_5, P_5$. Необходимо определить $k_{тч}$. Среднее значение квалитетов всех поверхностей равно: $IT_{cp} = \frac{IT_{12} \times P_{12} + IT_8 \times P_8 + IT_6 \times P_6 + IT_5 \times P_5}{n} = \frac{IT(12 \times 2 + 8 \times 1 + 6 \times 3 + 5 \times 1)}{7} = IT_8.$</p> <p>Получено, что $IT_{cp} = IT_8$. Допуск квалитета IT_8, составляет $IT_8 = 46$ мкм. Типовая (базовая) точность деталей по IT_6 составляет $T_6 = 19$ мкм. Значения допусков по таблице ГОСТ 25346–82.</p>
Сравнение параметров базового образца детали с оцениваемой	<p>Расчет $k_{тч}$ $k_{тч} = \frac{T_6}{T_{cp}} = \frac{19 \text{ мкм}}{46 \text{ мкм}} = 0,4.$</p> <p>Таким образом, оцениваемая деталь имеет меньшую точность, чем базовая.</p>
Коэффициент шероховатости $k_{ш}$	
Фактические параметры (по чертежу)	<p>Количеством поверхностей у детали $n = 8$. У пяти поверхностей $Rz = 25$ мкм, у двух $Rz = 3,2$ мкм и у одной – $Rz = 6,3$ мкм. $Rz_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Rz_i P_i = \frac{Rz(25 \times 5 + 6,3 \times 1 + 3,2 \times 2)}{8} = Rz_{15,6}.$</p> <p>Значение базового параметра шероховатости Rz для 8-го класса шероховатости – 2,5 мкм.</p>
Сравнение параметров базового образца детали с оцениваемой	<p>Коэффициент шероховатости при базовом значении шероховатости 8-го класса $Rz = 2,5$ Коэффициент шероховатости: $k_{ш} = \frac{Rz_{2,5}}{Rz_{cp} 15,6} = \frac{2,5}{15,6} = 0,16.$</p>
Коэффициент технологического запаса точности $k_{зт}$	
Фактические параметры (по чертежу)	<p>Фактическая точность диаметра разгрузочной канавки характеризуется отклонениями в 5 мкм. Отклонение по базовым нормам не должно превышать 8 мкм.</p>
Сравнение с параметрами базового образца детали	<p>Коэффициент технологического запаса точности $k_{зт}$: $k_{зт} = \frac{8 \text{ мкм}}{5 \text{ мкм}} = 1,6.$</p> <p>Коэффициент $k_{зт}$, оцениваемой детали, высокий и не требует корректировки.</p>

Таблица 11.

Сравнение параметров базовых и фактических деталей

Наименование параметров детали	Значения параметров, заложенные в чертежах	Значения параметров, рекомендуемых в результате предварительного определения качества
Коэфф. точности $k_{тч}$	$IT_{ср} = 46$ мкм. фактический коэффициент точности $k_{тч} = 0,4$	$IT_{IT6} = 19$ мкм. Коэффициент точности $k_{тч}$ должен быть $k_{тч} \geq 1,0$, поэтому он корректируется. В чертежах должно быть $IT_{ср} \geq 19$ мкм.
Коэфф. шероховатости $k_{ш}$	Фактический коэффициент шероховатости $k_{ш} = 0,16$, но должен быть $k_{ш} \geq 1,0$	$Rz_{ср} = 2,5$ мкм. Коэффициент шероховатости $k_{ш}$ должен быть $k_{ш} \geq 1,0$, поэтому коэффициент шероховатости корректируется. В чертежах должно быть $Rz_{ср} \leq 2,5$ мкм.
Коэфф. технологического запаса точности $k_{зт}$	Допустимая погрешность детали 8 мкм.	Фактическая точность 5 мкм. Коэффициент технологического запаса точности $k_{зт} = 1,6$ (по условию качества должно быть $k_{зт} \geq 1,0$), поэтому $k_{зт}$ не требует корректировки.

4. Пример расчета качества реального технического изделия на стадиях ЭП и ТП

На рис. 2 представлен ТП изделия «Гидроцилиндр главный тормозной», заимствованный из [1]. Как следует из предыдущих разделов, эффективная конструкция может быть получена, если показатель качества разрабатываемого (оцениваемого) изделия близок к показателю качества наилучшего (базового) образца. Поэтому в данном разделе приводится расчет ожидаемого показателя качества данной конструкции с целью сравнения его с качеством базового образца. По результатам сравнения показателей качества выработаны предложения, улучшающие конструкцию «Гидроцилиндра главного тормозного».

4.1. Построение структурной схемы изделия в виде «дерева связей»

На рис. 4 изображена структурная схема изделия, построенная на основе принципа устройства и спецификации данного изделия.

4.2. Назначение балльных оценок для каждой детали

Балльные оценки (по шкале 1...10) для каждой детали назначают конструкторы, исходя из своего понимания значения и веса каждой детали в сборочном узле или в изделии в целом. После назначения балль-

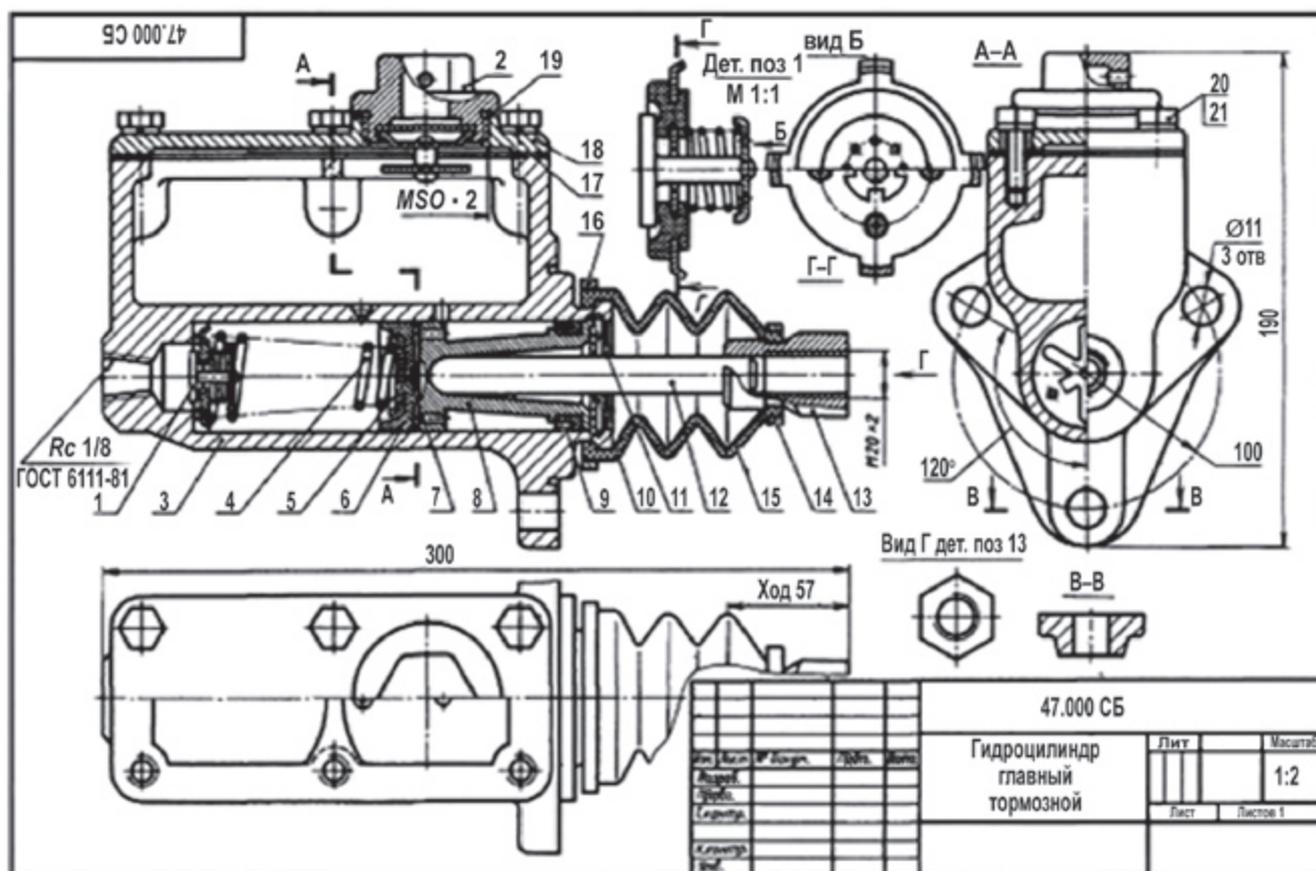


Рис. 2. Сборочный чертеж гидроцилиндра главного тормозного. Чертеж № 47.000 СБ

Гидроцилиндр главный тормозной 47.000	Кол.
<u>Сборочные единицы</u>	
47.100 Клапан	1
47.200 Пробка	1

<u>Детали</u>	
47.003 Картер	1
47.004 Пружина	1
47.005 Держатель пружины	1
47.007 Звездочка	1
47.008 Поршень	1
47.010 Кольцо стопорное	1
47.011 Шайба упорная	1
47.012 Шток	1
47.013 Головка штока	1
47.014 Кольцо	1
47.015 Кожух	1
47.016 Кольцо	1
47.017 Прокладка крышки	1
47.018 Крышка	1
47.019 Прокладка пробки	1
<u>Стандартные изделия</u>	
6. Манжета ГОСТ 14896-84	1
9. Манжета ГОСТ 6467-79	1

<u>Клапан 47.100</u>		Кол.
<u>Сборочный чертеж</u>		
<u>Детали</u>		
47.101 Шток		1
47.102 Кольцо		1
47.103 Тарелка с отверстиями		1
47.104 Пружина		1
47.105 Фигурная манжета		1

<u>Пробка 47.200</u>		Кол.
<u>Сборочный чертеж</u>		
<u>Детали</u>		
47.201 Фигурная гайка		1
47.202 Сетка		1
47.203 Отбойник с отверстиями		1
47.204 Отбойник		1
47.205 Ось		1

11. Кольцо упорное ГОСТ 13942-86	1
20. Болт М6×20 ГОСТ 7798-70	6
21. Шайба 6 65Г ГОСТ 6402-70	6

Рис. 3. Спецификация деталей, сборочных единиц и стандартных изделий «Гидроцилиндра главного тормозного»

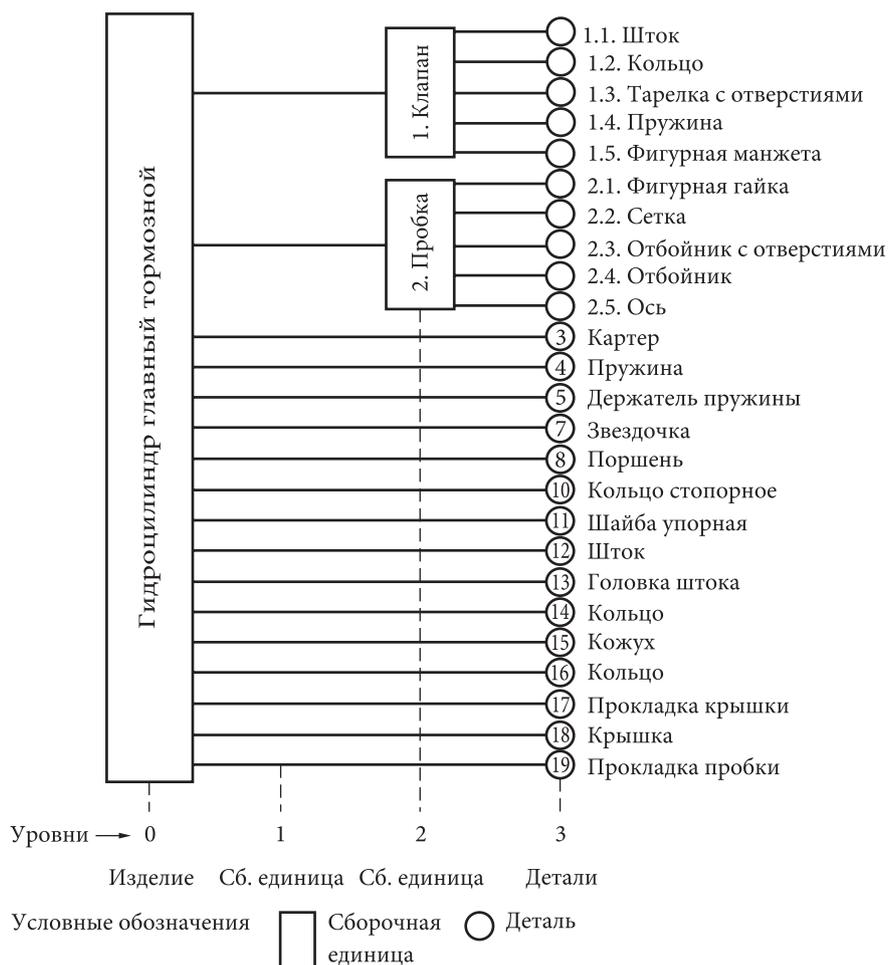


Рис. 4. Структура устройства гидроцилиндра в виде «дерева связей»



ных оценок определяют нормированные коэффициенты весомости β_d деталей в сборочной единице или во всем изделии. Операция нормирования обеспечивает сумму нормированных коэффициентов весомости в пределах данного узла, равной 1,0, т.е. $\sum \beta_d = 1,0$

$$\beta_d = \frac{r_d}{\sum r_d},$$

где r_d – балльная оценка детали;
 $\sum r_d$ – сумма балльных оценок деталей в пределах сборочной единицы.

В данном изделии «Гидроцилиндр главный тормозной» имеется два сборочных узла: клапан и пробка. В каждом сборочном узле по 5 деталей.

Таким образом, в изделии имеется:

- в сборочных единицах по 5 деталей, всего – 10;
- 15 деталей (не входят в сборочные единицы);
- стандартных изделий – 14;
- общее количество деталей (вместе со стандартными) – 39.

При назначении балльных оценок нужно иметь в виду характеристики деталей (см. табл. 12). В этой таблице детали классифицированы на группы и типы от 1а до 8б.

Значения нормированных коэффициентов весомости β_d рассчитываются в формулах расчета качества деталей (см. табл. 14, 15).

Таблица 12.

**Назначение балльных оценок r_d для деталей изделия
 «Гидроцилиндр главный тормозной по черт. № 47»**

№	Деталь	r_d	Комментарии к назначению коэффициента	№ по классификации
1.1	Шток	5	Деталь обычная	8б
1.2	Кольцо	2	Деталь малоответственная	8б
1.3	Тарелка	5	Деталь обычная	4б
1.4	Пружина	8	Ответственная деталь	6б
1.5	Фигурная манжета	7	Ответственная деталь	5б
2.1	Фигурная гайка	8	Ответственная деталь	3б
2.2	Сетка	2	Деталь малоответственная	8б
2.3	Отбойник с отверстиями	3	Деталь обычная	8б
2.4	Отбойник	3	Деталь обычная	8б
2.5	Ось	2	Деталь малоответственная	3б
3	Картер	9	Сложная и ответственная деталь	1б
4	Пружина	5	Деталь обычная	6б
5	Держатель пружины	2	Деталь обычная	8б
7	Звездочка	8	Деталь ответственная	6б
8	Поршень	8	Сложная и ответственная деталь	2б
10	Кольцо стопорное	2	Деталь малоответственная	8б
11	Шайба упорная	2	Деталь малоответственная	8б
12	Шток	2	Деталь обычная	4б
13	Головка штока	5	Деталь обычная	3б
14	Кольцо	4	Деталь малоответственная	8б
15	Кожух	2	Резинотехническое изделие	5б
16	Кольцо	2	Деталь обычная	8б
17	Прокладка крышки	2	Резинотехническое изделие	5б
18	Крышка	6	Ответственная деталь	1б
19	Прокладка пробки	2	Деталь малоответственная	5б

4.3. Расчет показателей параметров деталей, сборочных узлов и изделия, таких как уровень сложности $k_{сб}$, категория точности k_t и категория контроля качества k_k , ведется по табл. 13.

Определение показателей параметров деталей, которые учитываются при определении качества изделия, основано на применении табл. 4–6. По этим таблицам назначают соответствующие коэффициенты, исходя из собственного понимания значения и характера детали.

Таблица 13.

Определение коэффициента сложности $k_{сб}$ для деталей изделия «Гидроцилиндр главный тормозной по черт. № 47»

№	Деталь	$k_{сб}$	k_t	k_k
1.1	Шток	0,7	0,5	0,4
1.2	Кольцо	0,7	0,3	0,4
1.3	Тарелка	0,7	0,4	0,4
1.4	Пружина	0,9	0,7	0,4
1.5	Фигурная манжета	0,9	1,0	0,4
2.1	Фигурная гайка	0,9	0,3	0,2
2.2	Сетка	0,7	0,4	0,2
2.3	Отбойник с отверстиями	0,7	0,4	0,2
2.4	Отбойник	0,7	0,4	0,2
2.5	Ось	0,7	0,4	0,2
3	Картер	1,0	0,4	0,6
4	Пружина	0,7	0,7	0,4
5	Держатель пружины	0,7	0,4	0,4
7	Звездочка	0,7	0,4	0,4
8	Поршень	0,9	0,5	0,6
10	Кольцо стопорное	0,7	0,3	0,4
11	Шайба упорная	0,7	0,3	0,4
12	Шток	0,7	0,4	0,4
13	Головка штока	0,7	0,4	0,4
14	Кольцо	0,7	0,2	0,4
15	Кожух	0,7	0,2	0,4
16	Кольцо	0,7	0,2	0,4
17	Прокладка крышки	0,7	0,2	0,4
18	Крышка	0,9	0,4	0,4
19	Прокладка пробки	0,7	1,0	0,4

Таблица 14.

Формуляр расчета показателей параметров деталей, входящих в сборочные единицы

№ сб.ед.	№ дет.	r_d	Σr_d	Показатели деталей*			\bar{k}_d	$Q_d = \beta_d \cdot k_d$	$Q_{сб} = \Sigma Q_d$	
				β_d	$k_{сб}$	k_t				k_k
$Q_{1сб}$	101	5	27	0,185	0,7	0,5	0,4	0,519	0,096	0,526
	102	2		0,074	0,7	0,3	0,4	0,437	0,032	
	103	5		0,185	0,7	0,4	0,4	0,482	0,089	
	104	8		0,296	0,9	0,7	0,4	0,629	0,186	
	105	7		0,259	0,9	0,3	0,4	0,476	0,123	
$Q_{2сб}$	201	8	18	0,444	0,9	0,3	0,2	0,377	0,167	0,377
	202	2		0,111	0,7	0,4	0,2	0,382	0,042	
	203	3		0,166	0,7	0,4	0,2	0,382	0,063	
	204	3		0,166	0,7	0,4	0,2	0,382	0,063	
	205	2		0,111	0,7	0,4	0,2	0,382	0,042	

Формуляр расчета показателей параметров деталей, не входящих в сборочные единицы

№ сб.ед.	№ дет.	r_d	Σr_d	Показатели деталей*			\bar{k}_d	$Q_d = \beta_d \cdot k_d$	$Q_{сб} = \Sigma Q_d$
				$k_{сл}$	k_r	k_k			
3	9	61	0,120	0,9	0,4	0,4	0,524	0,062	0,471
4	5		0,081	0,7	0,7	0,4	0,580	0,046	
5	2		0,032	0,7	0,4	0,4	0,482	0,015	
7	8		0,131	0,7	0,4	0,4	0,482	0,063	
8	8		0,131	0,9	0,5	0,4	0,564	0,073	
10	2		0,032	0,7	0,3	0,4	0,437	0,013	
11	2		0,032	0,7	0,3	0,4	0,437	0,013	
12	2		0,032	0,7	0,4	0,4	0,482	0,015	
13	5		0,086	0,7	0,5	0,4	0,524	0,045	
14	4		0,050	0,7	0,3	0,4	0,437	0,021	
15	2		0,032	0,7	0,4	0,4	0,482	0,015	
16	2		0,032	0,7	0,3	0,4	0,437	0,013	
17	2		0,032	0,7	0,3	0,4	0,437	0,013	
18	6		0,098	0,9	0,4	0,4	0,524	0,051	
19	2		0,032	0,7	0,3	0,4	0,437	0,013	

Показатели параметров сборочных узлов находим по формулам из табл. 3.

$$k_{сб} = k_n + k_{сб} + k_{пр}$$

$k_{сб}$ – среднее геометрическое показателей.

Таблица 16.

Расчет показателей параметров сборочных узлов*

Формула	Обозначение и название показателя	Расчет коэффициентов		$k_{сб}$	
		Сб.ед.1	Сб.ед.2	Сб.ед.1	Сб.ед.2
$k_n = \frac{N_{сд}}{N_d} \cdot 100\%$	k_n – коэффициент уровня нормализации	$k_{1н} = 0$ $k_{1н} = 1,0$	$k_{2н} = 0$ $k_{2н} = 1,0$	1,0	1,0
$k_{сб} = \frac{E}{E + D}$	$k_{сб}$ – коэффициент сборности	$k_{1сб} = 0$ $k_{1сб} = 1,0$	$k_{2сб} = 0$ $k_{2сб} = 1,0$		
$k_{пр} = \frac{D_y}{D}$	$k_{пр}$ – коэффициент применяемости унифицированных деталей	$k_{1пр} = 0$ $k_{1пр} = 1,0$	$k_{2пр} = 0$ $k_{2пр} = 1,0$		

*Если в результате расчетов показатель параметра равен нулю, то это означает, что параметры сборочной единицы не изменяются. В этом случае показатель параметра устанавливается равным 1,0.

Качество сборочных единиц: $Q_{сб} = k_{сб} \left[\sum (\beta_d \cdot \bar{k}_i) \right]$

$$Q_{1.сб} = 1,0[0,526] = 0,526$$

$$Q_{2.сб} = 1,0[0,377] = 0,377.$$

Таблица 17.

Расчет показателя параметра изделия

Формула	Обозначение и название показателя	Расчет показателя	$K_{изд}$
$k_{сб} = \frac{N_{се}}{N_{оч} - N_{м}}$	$k_{сб}$ – коэффициент сборности	$k_{сб} = \frac{2}{25 + 12} = 0,054$	0,021
$k_{пр} = \frac{D_{ст}}{D}$	$k_{пр}$ – коэффициент применяемости стандартных деталей	$k_{пр} = \frac{14}{39} = 0,36$	
$k_{ст} = \frac{N_{ст.е} + N_{ст.д}}{N_{оч} - N_{м}}$	$k_{ст}$ – коэффициент стандартизации изделия	$k_{ст} = 0,56$	

Расчет качества изделия «Гидроцилиндр главный тормозной»:

$$Q_{изд}^0 = K_{изд} \left[\sum_{i=1}^2 Q_{сб} + \sum_{i=1}^{15} Q_d \right] = K_{изд} \left[\sum_{i=1}^2 \left(K_{1,2,сб} \sum_{i=1}^5 Q_{d,сб} \right) + \sum_{i=1}^{15} Q_d \right] \quad (3)$$

$$Q_{изд} = 0,221 \cdot [0,526 + 0,377 + 0,471] = 0,303.$$

4.4. Расчет качества базового образца изделия

Состав и структура оцениваемого и базового изделий одинаковы, разнятся только параметры деталей. У оцениваемого изделия принимаются фактические показатели (табл. 14 и 15) параметров деталей, у базового принимаются образцовые (наилучшие достижимые в современных условиях), указанные в табл. 8.

Таблица 18.

Формуляр расчета базовых показателей качества деталей, входящих в сборочные единицы

№ сб. ед.	№ дет.	β_d	Группа детали	\bar{k}_d	$Q_d = \beta_d \cdot k_d$	$Q_{сб} = \sum Q_d$
1	101	0,185	86	0,594	0,110	0,667
	102	0,074	86	0,594	0,043	
	103	0,185	46	0,723	0,133	
	104	0,296	66	0,723	0,214	
	105	0,259	56	0,646	0,167	
2	201	0,444	36	0,594	0,263	0,589
	202	0,111	86	0,594	0,065	
	203	0,166	86	0,594	0,098	
	204	0,166	86	0,594	0,098	
	205	0,111	36	0,594	0,065	

Так как конструкции оцениваемого и базового образцов одинаковы, то в табл. 18 и 19 вносят группы деталей оцениваемого образца, определенные в табл. 12.

Качество базового изделия:

$$Q_{изд} = \left[\sum \left(K_{1,2,сб} \sum Q_{баз.д.сб} \right) + \sum Q_{баз.д} \right]$$

$$Q_{изд} = 0,211 \left[(1 \cdot 0,667) + (1 \cdot 0,589) + 0,620 \right] = 0,414.$$

Расчет относительного качества изделия:

$$Y = \frac{Q}{Q_6} \times 100\% = \frac{0,303}{0,414} \times 100\% = 73,1\%.$$

Таблица 19.

Формуляр расчета базовых показателей качества деталей, не входящих в сборочные единицы

№ дет.	β_d	Группа детали	\bar{k}_d	$Q_d = \beta_d \cdot k_d$	$Q_{сб} = \sum Q_d$
3	0,120	16	0,646	0,094	0,620
4	0,081	6a	0,723	0,058	
5	0,032	86	0,594	0,019	
7	0,131	66	0,723	0,094	
8	0,131	26	0,551	0,072	
10	0,032	86	0,594	0,019	
11	0,032	86	0,594	0,019	
12	0,032	46	0,723	0,023	
13	0,086	36	0,594	0,051	
14	0,050	86	0,594	0,029	
15	0,032	56	0,646	0,020	
16	0,032	86	0,594	0,019	
17	0,032	56	0,646	0,020	
18	0,098	16	0,646	0,063	
19	0,032	56	0,646	0,020	



4.5. Определение качества оцениваемого изделия относительно базового

Оценки, приведенные в данном разделе, основаны на применении качественных показателей оцениваемого изделия. Но качественные показатели характеризуются методической погрешностью, которая в данном случае составляет $\pm 15\%$: $\pm 5\%$ – субъективность оценок, $\pm 5\%$ – умение правильно читать чертежи (знание ЕСКД), $\pm 5\%$ – знание технологии обработки деталей (знание ЕСТД).

Исходя из принятой методической погрешности, считают, что разница в значениях показателей качества оцениваемого и базового изделий $\pm 15\%$ говорит об адекватности оценок сравниваемых изделий.

При разнице в показателях 15...40% необходимо уточнить группы оцениваемых деталей, повы-

сить их качество или перевести их в разряд стандартизированных.

При разнице в показателях качества базовой и оцениваемой детали 40...50% (относительно значения оцениваемого показателя) необходимо повысить показатели сложности, точности и контроля оцениваемой детали.

Разница в показателях качества базовой и оцениваемой сборочной единицы 40...50% говорит о том, что конструкция сборочной единицы оцениваемого образца несовершенна, требуется более совершенная конструкция.

В табл. 20 показаны принципы определения относительного качества деталей и сборочных единиц оцениваемого и базового изделий, а в табл. 21 – анализ недостатков конструкций оцениваемого изделия.

Таблица 20.

Матрица определения относительного качества деталей и сборочных единиц оцениваемого и базового изделий

№ деталей	Группа детали	Качество базового изделия	Качество оцениваемого изделия	Разница показателей качества	Детали и сб. единицы, требующие улучшения качества	Наименование детали
1.1	86	0,110	0,096	0,014		
1.2	86	0,043	0,032	0,011		
1.3	46	0,133	0,089	0,044	*	Тарелка
1.4	66	0,214	0,186	0,028		
1.5	56	0,167	0,123	0,044		
2.1	36	0,263	0,167	0,096	*	Фигурная гайка
2.2	86	0,065	0,042	0,023	*	Сетка
2.3	86	0,098	0,063	0,035	*	Отбойник с отверстиями
2.4	86	0,098	0,063	0,035	*	Отбойник
2.5	36	0,065	0,042	0,023	*	Ось
3	16	0,094	0,062	0,032	*	Картер
4	66	0,058	0,046	0,012		
5	86	0,019	0,015	0,004		
7	66	0,094	0,063	0,031	*	Звездочка
8	26	0,072	0,073	-0,001		
10	86	0,019	0,013	0,006	*	Кольцо стопорное
11	86	0,019	0,013	0,006		
12	46	0,023	0,015	0,008	*	Шток
13	36	0,051	0,045	0,006		
14	86	0,029	0,021	0,008		
15	56	0,020	0,015	0,005		
16	86	0,019	0,013	0,006		
17	56	0,020	0,013	0,007	*	Прокладка крышки
18	16	0,063	0,051	0,012		
19	56	0,020	0,013	0,007	*	Прокладка пробки

Таблица 21.

Анализ недостатков конструкций оцениваемого изделия

№ детали	Группа детали	Название детали	Возможная причина недостаточного качества	Предложения по улучшению качества
1.3	4б	Тарелка с отверстиями	Оцениваемой детали присвоили заниженные показатели сложности, точности и контроля.	Деталь очень ответственная. Через отверстия тарелки под большим давлением проходит тормозная жидкость. Поэтому тарелка должна быть выполнена из более прочного материала и иметь повышенную точность для быстрого прохождения тормозной жидкости.
2.1	3б	Фигурная гайка	Если все детали сб.ед. соответствуют качеству базового образца на 40...50%, то этот сборочный узел требует пересмотра конструкции.	Предложена другая конструкция этой сборочной единицы, см. рис. 5.
2.2	8б	Сетка		
2.3	8б	Отбойник с отверстиями		
2.4	8б	Отбойник		
2.5	3б	Ось		
3	1б	Картер	Оцениваемой детали присвоили заниженные показатели сложности, точности и контроля.	Оцениваемая деталь слишком сложная для того, чтобы назначить для нее наивысшие требования по точности и контролю. Поэтому ее надо упростить, например, убрать верхнюю полость, отлитую вместе с цилиндром. Эту полость выполнить в виде отдельного резервуара (из штампованной стали, пластмассы и др. материалов).
7	6б	Звездочка	Деталь очень сложная и выполняет функцию клапанов. Поэтому требуется гибкая и более прочная сталь, повышенная точность и сложность детали.	Назначить другую марку стали и повысить точность обработки.
10	8б	Кольцо стопорное	Деталь должна быть отнесена к разряду соединительных и стандартизированных – 3а	Изменить группу назначения.
12	4б	Шток	Занижены показатели сложности и точности	Шток соединяется с дет.13 (головка штока) путем прессовой посадки. Прессовые посадки требуют высокой точности обработки и высокой чистоты поверхности.
17	5б	Прокладка крышки	Прокладки д.б. отнесены к классу 5а – детали уплотнительные стандартизированные.	Все прокладки изготавливаются из стандартизированных материалов: паронита, фторопласта, технической резины пр.
19	5б	Прокладка пробки		

4.6. Предложения по улучшению конструкции гидроцилиндра

После определения качества деталей и сборочных единиц относительно базового выяснилось, что качество оцениваемого гидроцилиндра ниже базового. Для повышения качества и, следовательно, надежности оцениваемого гидроцилиндра по сравнению с базовым, предлагается следующее:

- сборочная единица № 2 (47.2) имеет в своем составе 4 детали, которые не в полной мере препятствуют проникновению извне пыли и абразивных частиц в тормозную жидкость гидроцилиндра. Новая конструкция этой сборочной единицы изображена на рис. 5б. Четыре детали в сборочном узле 47.2 заменены на пробку из пористого полиамидного материала и поддерживающую тарелку. Пробка из пористого полиамидного материала пропускает воздух, не пропускает пыль, мелкие абразивные частицы, и тормозную жидкость из полости гидроцилиндра наружу;
- картер необходимо переконструировать по типу конструкции, показанной на рис. 7;
- необходимо заменить резиновые манжеты на манжеты из мягкого фторопласта, которые об-



Рис. 5. Конструкция крышки до (А) и после (Б) анализа качества изделия

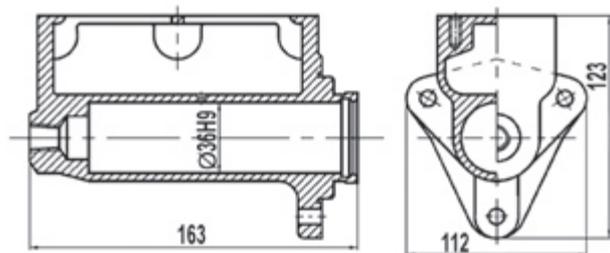


Рис. 6. Конструкция картера до анализа качества изделия

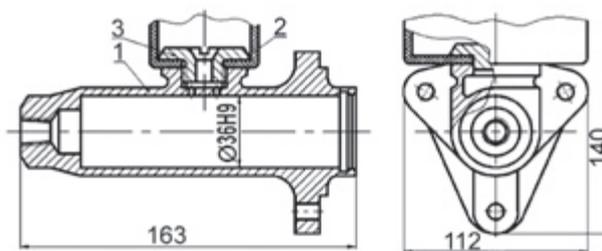


Рис. 7. Конструкция картера после анализа качества изделия:

1 – картер, 2 – емкость для тормозной жидкости из поливинилхлорида, 3 – фигурный винт

ладают высокой износоустойчивостью и 100%-ной устойчивостью от разъедающего действия тормозной жидкости.

Введенные изменения в конструкции позволят повысить качество и надежность гидроцилиндра до показателей базового (образцового) гидроцилиндра.

Заключение

1. В основе определения качества технических изделий лежит определение конструктивных и технологических показателей деталей и сборочных единиц. Чем больше учитывается показателей, тем точнее и объективнее оценка качества детали или сборочной единицы.

2. С помощью полученных показателей качества конструкторы могут контролировать результаты своей работы. Полученные фактические показатели сравнивают с показателями базового изделия (или идеальной модели), определяют недостатки спроектированного изделия, после чего их устраняют с целью достижения качества базового изделия.

3. Надежность при расчетах показателей качества технических изделий является не целью, а средством обеспечения показателя качества в течение времени, гарантирующего заданную надежность.

Литература

1. Аксарин П.Е. Чертежи для детализования. М., Машиностроение, 1993. 160 с.