

УДК 621. 629.3; 669.54. 793

Тойгамбаев С.К. Приспособление для восстановления тарелок клапанных пружин

A device for recovery of the plates valve springs

Тойгамбаев С.К.

к.т.н., профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства. Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева.
Toigonbaev S. K. Ph. D.,
Professor of the Department of technical operation of technological machinery and equipment of environmental engineering, Russian state agrarian University named after MSHA. K. A. Timiryazeva.

Аннотация. В статье представлены расчеты по разработке приспособления для восстановления тарелок клапанных пружин, схема самого приспособления для восстановления тарелок.

Ключевые слова: тарелка; восстановление; пружина; клапан.

Abstract. The article presents calculations for the development of a device for restoring plates of valve springs, the scheme of the device itself for restoring plates.

Keywords: plate; recovery; spring; valve.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

Устройство и принцип работы приспособления. Приспособление (рис.1) состоит из нижней плиты 7, в которую запрессованы колонки 11, ходящие во втулках 10, неподвижно установленных в верхней плите 3, на нижнюю плиту 7 жестко установлен корпус 12 в сборе с матрицей 5. На верхней плите 3 установлен пуансон 2 с входящим в него стержнем 4. Кроме того, штамп содержит выталкиватель 8, свободно установленный в плите 7 и приводящийся в действие от штока гидроцилиндра. Верхняя плита 3, крепится болтами 15 к держателю 1, в который в свою очередь неподвижно закреплен к штоку гидроцилиндра пресса ОКС – 1671 М.

Предварительно нагретое тело до $t_0 = 8000 - 8500^\circ\text{C}$ устанавливается в фигурное отверстие матрицы 5, при этом выталкиватель 8 находится в нижнем положении, под действием штока гидроцилиндра пресса ОКС – 1671М верхняя плита 3 совместно с закрепленным пуансоном 2 и стержнем 4 скользит по направляющим колонкам 11 до смыкания штампа. При дальнейшем давлении выступы пуансона 2 перемещают металл из нерабочей зоны восстанавливаемого изделия в изношенную зону конического отверстия, при этом стержень 4 формирует изношенное коническое отверстие до номинального состояния.

Далее включается привод подъема верхней плиты 3 совместно с пуансоном 2 и стержнем 4 до первоначального положения начала его действия. Включается привод гидроцилиндра выталкивателя 8, и восстановленное изделие свободно снимается с матрицы 5. Процесс восстановления закончен.

В результате из изношенной детали формируется новая с номинальными размерами по рабочим поверхностям.

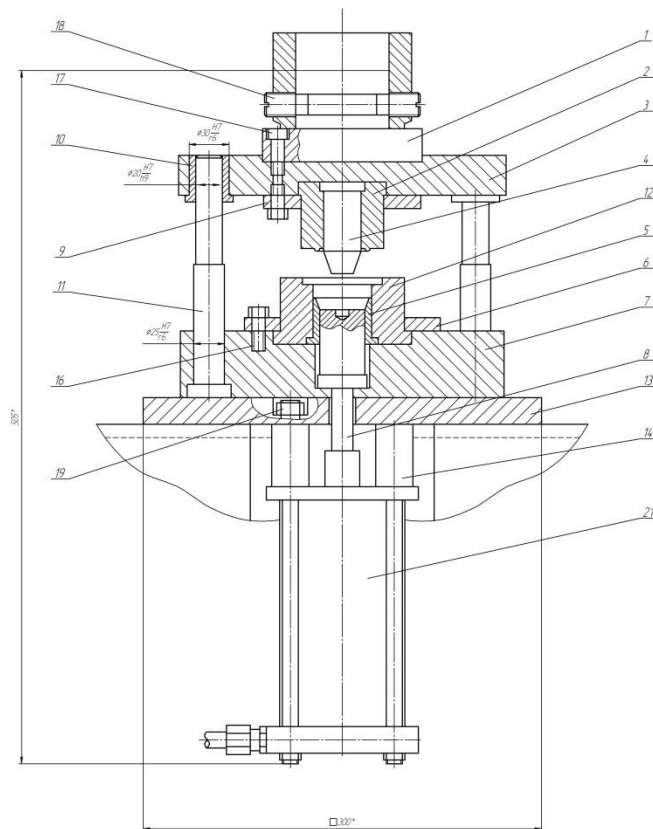


Рисунок 1. Приспособление для восстановления тарелок клапанных пружин

Расчет количества металла для восстановления тарелок клапанных пружин. Определим объем металла, необходимый для восстановления тарелок клапанных пружин. Для этого рассмотрим продольное сечение тарелки (рис 2.). Объем конусного отверстия неизношенной детали равен:

$$V_1 = \frac{\pi}{12} [(D_1^2 - d_1^2)H_1 + d_1^2h], \quad (1)$$

где V_1 - объем конусного отверстия неизношенной детали; D_1 - диаметр основания конуса неизношенной детали; H_1 - полная высота конуса; h - высота усеченного конуса; d_1 - верхний диаметр усеченного конуса неизношенной детали.

Таблица 1

Способы устранения дефектов

№ дефекта	Наименование дефекта	Коэффициент повторяемости от общего числа дефектов		Способ устранения дефекта	
		поступающих на дефектацию	ремонтно-пригодность	основной	допустимый
1	Износ конусного отверстия	0,98	1,0	обработка давлением в штампе	плазменное напыление
2	Технологический маршрут	мойка - дефектация термическая - штамповочная - - токарная - термическая - контрольная			

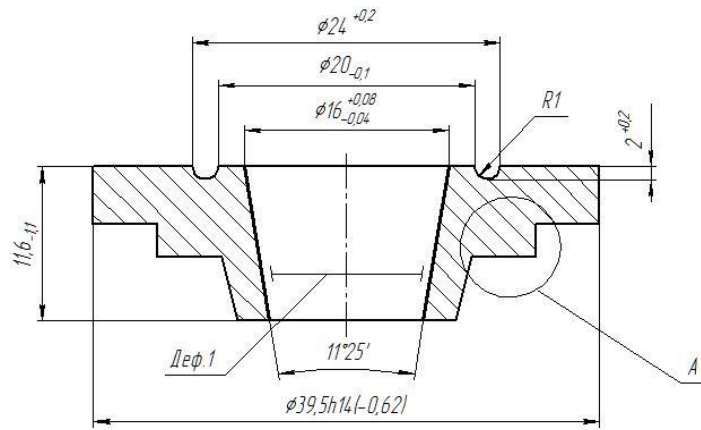


Рисунок 2. Продольное сечение тарелки

Объем конусного отверстия изношенной детали равен:

$$V_2 = \frac{\pi}{12} [(D_2^2 - d_2^2) H_2 + d_2^2 h], \quad (2)$$

где V_2 – объем конусного отверстия изношенной детали;

D_2 – диаметр основания конуса изношенной детали;

H_2 – полная высота конуса; h – высота усеченного конуса;

d_2 – верхний диаметр усеченного конуса изношенной детали.

Объем металла, необходимый для восстановления конусного отверстия тарелок клапанных пружин, равен:

$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{\pi}{12} [(D_2^2 - d_2^2) H_2 - (D_1^2 - d_1^2) H_1 + (d_2^2 - d_1^2) h], \quad (3)$$

Выразим H_2 и H_1 через D_2 и D_1 соответственно.

$$H_2 = \frac{D_2}{2 \operatorname{tg} \frac{\zeta}{2}}; \quad H_1 = \frac{D_1}{2 \operatorname{tg} \frac{\zeta}{2}}; \quad (4)$$

Подставляя выражения H_2 и H_1 из (4) в уравнение (3), получим:

$$\begin{aligned} \Delta V &= \frac{\pi}{12} [(D_2^2 - d_2^2) \frac{D_2}{2 \operatorname{tg} \frac{\zeta}{2}} - (D_1^2 - d_1^2) \frac{D_1}{2 \operatorname{tg} \frac{\zeta}{2}} + (d_2^2 - d_1^2) h] = \\ &= \frac{\pi}{12} \left[\frac{D_2^3 - D_1^3 - D_2 d_2^2 + D_1 d_1^2}{2 \operatorname{tg} \frac{\zeta}{2}} + (d_2^2 - d_1^2) h \right] \end{aligned} \quad (5)$$

Выразим диаметры D_2 и d_2 изношенного конусного отверстия детали через диаметры D_1 и d_1 неизношенного конусного отверстия детали

$$D_2 = D_1 + \gamma; \quad d_2 = d_1 + \gamma, \quad (6)$$

где γ – величина полного износа конусного отверстия детали.

Подставляя выражения D_2 и d_2 из (6) в уравнение (5), получим:

$$\Delta V = \frac{\pi}{12} \left[\frac{(D_1 + \gamma)^3 - D_1^3 - (D_1 + \gamma) * (d_1 + \gamma) + D_1 d_1^2}{2 \operatorname{tg} \frac{\xi}{2}} + h_\gamma (2d_1 + \gamma) \right] \quad (7)$$

выразим d_1 из (7) в уравнение (8), будем иметь: $d_1 = D_1 - 2h * \operatorname{tg} \frac{\xi}{2}$, (8)

Результаты расчета объема металла, необходимого для восстановления конусного отверстия тарелок клапанных пружин представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчета объема металла

Наименование детали.	D_1 , (м)	h (м)	λ (град)	χ (м)	ΔV (м ³)
Тарелка Д- 240	16×10^{-3}	$11,6 \times 10^{-3}$	$11^{\circ}25'$	$0,38 \times 10^{-3}$	$336,8 \times 10^{-9}$

Расчет усилий деформирования при восстановлении тарелок

клапанных пружин. При определении усилий деформирования использовались математические модели расчета толстостенной трубы под равномерном давлением, распределенным по внешнему диаметру и открытой прошивки цилиндрической заготовки, у которой свободной поверхностью является конусное отверстие тарелки. Усилие прошивки кольцевым пуансоном (рис.3) решается цилиндрической системе координат (ρ, θ, Z) .

Уравнение для определения напряжения σ_z имеет вид: $\sigma_z = \sigma_\xi \frac{\rho}{h} + C$, (10)

где σ_z -напряжения на торце кольцевого пуансона, Н/м²; σ_ξ - напряжения пластичности металла Н/м²; ρ -переменный радиус заготовки, м; h -высота заготовки, м; C -постоянная интегрирования.

При свободной осадке принимается при $\rho = 0,5 d_1$, $\sigma_z = -\sigma_\xi$. В настоящем случае на боковую поверхность осаживаемого цилиндра действует с стороны сжимаемого кольца дополнительное давление.

$$\sigma_\rho = -1.1 \sigma_\xi \ln \frac{d_1}{d_0}, \quad (11)$$

где σ_ρ - радиальное давление, н/м²; d_0 -диаметр отверстия, м;
 d_1 -диаметр отверстия кольца пуансона, м.

Поэтому при $\rho = 0,5d_1$, сжимающее напряжение σ_z увеличивается.

Таким образом, при $\rho = 0,5d_1$: $\sigma_z = -\sigma_\xi (1 + 1.1 \ln \frac{d_1}{d_0})$, (12)

Следовательно $\sigma_\xi \frac{d_1}{2h} + c = -\sigma_\xi (1 + 1.1 \ln \frac{d_1}{d_0})$.

Отсюда определяется постоянная интегрирования: $C = -\sigma_\xi (1 + 1.1 \ln \frac{d_1}{d_0} + \frac{d_1}{2h} - \frac{\rho}{h})$,

Подставив найденное значение постоянной интегрирования, получим:

$$\sigma Z = -\sigma_s \left(1 + 1.1 \ln \frac{d1}{d0} + \frac{d1}{2h} - \frac{\rho}{h} \right), \quad (13)$$

Интегрируя уравнение (13) по сечению кольца, найдем усилие прошивки кольцевым пуансоном

$$P = 2\pi\sigma_s \int_{0.5d1}^{0.5d2} \left(1 + 1.1 \ln \frac{d1}{d0} + \frac{d1}{2h} - \frac{\rho}{h} \right) \rho d\rho = 2\pi\sigma_s \left[\left(1 + 1.1 \ln \frac{d1}{d0} + \frac{d1}{2h} \right) \frac{d_2^2 - d_1^2}{8} - \frac{d_2^3 - d_1^3}{24h} \right], \quad (14)$$

где P_1 - усилие деформирования при прошивке кольцевым пуансоном, Н;

h - высота детали, м.

Ввиду того, что конический пуансон перемещает выдавленный кольцевым пуансоном металл сверху вниз, при определении усилия деформирования при калибровке конического отверстия тарелки, считается, что происходит простое смятие металла конической поверхностью калибрующего пуансона.

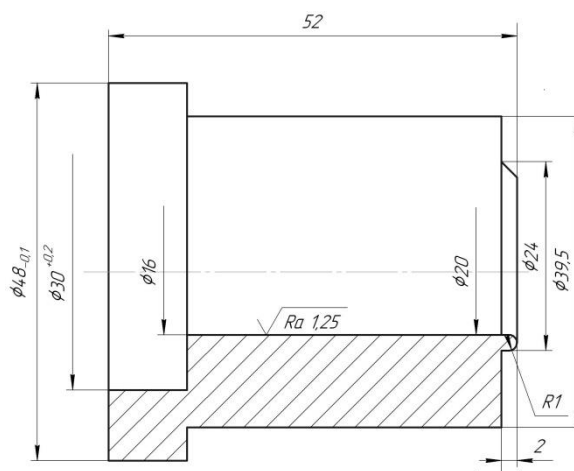


Рисунок 3. Кольцевой пуансон.

В таком случае деформирования калибровки конического отверстия определяется по формуле:

$$P_2 = \sigma_s S_k \sin \frac{\zeta}{2}, \quad (15)$$

где P_2 - усилие деформирования при калибровке конического отверстия, Н;

σ_s - напряжения пластичности металла Н/м²; S_k - площадь поверхности конического отверстия, м²; ζ - угол конического отверстия, град.

Площадь конического поверхности равна: $S_k = (\pi(d_0 - d_3)/2)h$, (16)

где d_0 - наибольший диаметр конуса, м; d_3 - наименьший диаметр конуса, м;

h - высота детали, м.

Тогда: $S_k = (\pi(d_0 - d_3)/2)h * \sin \zeta/2$, (17)

Усилие деформирования при одновременном действии кольцевого и конического пуансонов будет равно

$$P=P_1 P_2=2\pi\sigma_1\left[(1+1.1\ln\frac{d_1}{d_0}+\frac{d_1}{2h})\frac{d_2^2-d_1^2}{8}-\frac{d_2^3-d_1^3}{24h}\right]=\sigma_1(\pi(d_0-d_3)/2)h\sin\zeta/2, \quad (18)$$

Экономическое обоснование конструкторской части. Стоимость штампа для восстановления давлением тарелок клапанных пружин определяется по формуле:

$$C_{\Pi} = C_{\text{пр}} + C_{\text{м}} + \frac{C_{\text{пр}} \cdot \% \text{НР}}{100}, \quad (19)$$

где $C_{\text{пр}}$ - зарплата производственных рабочих с начислениями, руб;
 $C_{\text{м}}$ - стоимость материалов и покупных изделий, для изготовления штампа, руб;
 $\% \text{НР}$ - процент накладных расходов на предприятии, %.

Таблица 3

Расчет основной заработной платы

Виды работ	Трудоемкость работ, ч	Разряд	Тарифная ставка, руб/ч	Основная зарплата, руб
1. Слесарные	0,95	3	34,41	32,69
2. Токарные	4,5	4	35,4	159,30
3. Сверлильные	2,2	3	34,41	75,70
4. Фрезерные	1,1	4	35,4	38,94
5. Шлифовальные	0,9	4	35,4	31,86
6. Термические	0,7	3	34,41	24,09
Итого:				362,58

Зарплата на дополнительную расплату составляет 10% от основной, т.е.

$$C_{\text{зд}} = 0,1 \cdot 362,58 = 36,26 \text{ руб.}$$

Начисления на социальные нужды принимаются в размере 30 % от суммы основной и дополнительной заработной платы:

$$C_{\text{соц.н.}} = 0,30 \cdot (362,58 + 36,26) = 115,69 \text{ руб.}$$

Тогда полная заработная плата будет равна:

$$C_{\text{пр}} = 362,58 + 36,26 + 115,69 = 514,53 \text{ руб.}$$

Стоимость материалов и покупных изделий, необходимых для изготовления штампа приведены в табл. 4.

Накладные расходы на изготовление штампа принимаются в размере 450% от основной и дополнительной заработной платы и будут равны:

$$\text{НР} = (514,53 \cdot 450) / 100 = 2315,39 \text{ руб.}$$

Тогда стоимость изготовления штампа составит:

$$C_{\Pi} = 514,53 + 2315,39 + 1690,4 = 3520,32 \text{ руб.}$$

Стоимость материалов и покупных изделий

Наименования материалов и покупных изделий	Количество	Стоимость, руб.	
		Единицы	Всего
Сталь 45, кг	22	30	660
Сталь Х12, кг.	1,5	35	52,5
Сталь У8, кг	0,6	35	21
Сталь 40Х, кг	0,5	35	17,5
Сталь Р6м5, кг	0,3	38	11,4
Крепеж, кг	3,2	40	128
Гидроцилиндр Ц-80, шт	1	800	800
Итого:			1690,4

Годовой экономический эффект от внедрения приспособления Эг находим по формуле: \mathcal{E}_r

$$= (H'vT'ч.с. - H''vT''ч.с.) \cdot P_0,$$
 (20)

где $H'v$ – норма времени на выполнение работ по данному объекту до внедрения приспособления, ч.; $H'v = 0,42$ ч;

$H''v$ – норма времени на выполнение работ по данному объекту с применением приспособления, ч.; $H''v = 0,35$ ч;

$T'ч.с.$ и $T''ч.с.$ – тарифная ставка по данной работе соответственно до и после внедрения приспособления, ч;

P_0 – годовая программа деталей, шт.; $P_0 = 2000$ шт.

$$\mathcal{E}_r = (0,42 \cdot 35,4 - 0,35 \cdot 35,4) \cdot 2000 = 2,48 \cdot 2000 = 4956 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости приспособления рассчитываем по формуле:

$$T = \frac{C_n}{\mathcal{E}_r}, \text{ год.}$$

(21)

$$T = 3736 / 4956 = 0,75 \text{ года.}$$

Выводы.

На основании выбранной схемы формообразования разработана конструкция оригинального штампа для восстановления тарелок клапанных пружин давлением. Рассчитан необходимый для этого объём компенсирующего металла и усилие деформирования. Подсчитана ориентировочная стоимость изготовления приспособления и срока окупаемости разработки.

Библиографический список

1. Шнырёв А.П., Тойгамбаев С.К. Основы надёжности транспортных и технологических машин. Учебное пособие для студентов технических ВУЗов УМО МГУП Издательская «Компания Спутник +» 2006, г. Москва.
2. Бондарева Г.И., Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса// Сельский механизатор. 2017. № 4. С. 36-38.
3. Тойгамбаев С.К. Евграфов В. А. Эффективность использования машинотракторного парка предприятия. Доклады ТСХА, выпуск 290 (часть II). Сборник статей Международной научной конференции посвященной 130- летию Н.И. Вавилова 5-7.12.17г. Издательство РГАУ-МСХА 2018.
4. Голиницкий П. В., Вергазова Ю. Г., Антонова У. Ю. Разработка процедуры управления внутренней документацией для промышленного предприятия//Компетентность. 2018. № 7 (158). С. 20-25.
5. Тойгамбаев С.К., Голиницкий П.В. Размерный анализ подшипников скольжения при обжати. ж. Вестник. Агроинженерия. МГАУ им.В.П. Горячкина. № 2 (58) 2013, г. Москва.
6. McGregor B.A., Kerven C., Toigonbaev S. Sources of variation contributing to production and quality attributes of Kyrgyz cashmere in osh and Naryn provinces: implications for industry development. Small Ruminant Research. 2009. Т. 84. № 1-3. С. 89-99.
7. Тойгамбаев С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении термоциклической диффузионной металлизации. Автореферат на соискание звания кандидата технических наук. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Москва. 2000г.