

---

**ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
РЕМОНТНЫХ РАБОТ**

---

**Евграфов В.А.***д.т.н., доцент кафедры технической сервис машин и оборудования  
Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева.***Абенев А.Т.***аспирант кафедры технической эксплуатации  
технологических машин и оборудования природообустройства.  
Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева.***OPTIMIZATION CALCULATIONS OF THE DEVICE FOR CARRYING OUT REPAIR WORK****Evgrafov V.A.***Doctor of Technical Sciences,  
Associate Professor of the Department of  
Technical Service of Machinery and Equipment,  
K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University.***Abenov A.T.***Postgraduate student of the Department of  
Technical Service of Machinery and Equipment,  
K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University.***АННОТАЦИЯ**

Ремонтно – восстановительные работы необходимы и в первую очередь для отечественной техники. В этой связи процессы направленные на удешевление, снижение себестоимости ремонтных работ являются весьма актуальными. В настоящей статье расчеты модернизированного приспособления и стенд – для более упрощенного, эффективного и быстрого проведения ремонтных работ. В частности приспособление для проведения ремонта автомобильных электробензонасосов с расчетами на прочность нагруженных деталей.

**ABSTRACT**

Repair and restoration work is necessary primarily for domestic equipment. In this regard, the processes aimed at reducing the cost, reducing the cost of repair work are very relevant. In this article, the calculations of the upgraded equipment and the stand are for a more simplified, efficient and fast repair work. In particular, a device for repairing automobile electric fuel pumps with calculations for the strength of loaded parts.

**Ключевые слова:** электробензонас; стенд; приспособление; ремонт; автомобиль.

**Keywords:** electric fuel pump; stand; device; repair; car.

*Приспособление для ремонта электробензонасосов.* При проведении ремонта электрического бензонасоса одними из наиболее трудоемких операций являются выпрессовка старого и запрессовка нового кольца статора ЭБН. Проводить данные операции при помощи универсального слесарного инструмента нецелесообразно, так как необходимы демонтаж изношенной детали без повреждения самого статора и точная посадка новой детали. Предлагаемое приспособление разрабатывается с целью облегчения и ускорения выполнения операций, а также для повышения качества ремонта. Проведенный в процессе разработки

обзор аналогичных конструкций показал, что имеются, в том числе и в розничной продаже, приспособления, сходные по принципу действия с разрабатываемым. Однако, все они обладают несколькими недостатками: большими габаритами и сравнительно высокой стоимостью (например, винтовой пресс НВ 5221) или иной специализацией (например, пресс для зажима стоматологических кювет). Таким образом, целесообразно изготовление относительно несложного винтового пресса непосредственно на предприятии. Расчет основных параметров приспособления приводится в данном разделе проекта.

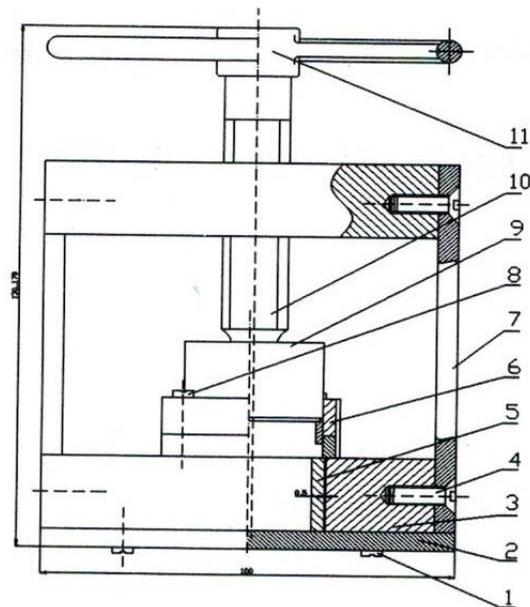


Рис. 1. Приспособление для запрессовки.

1- 4- 8 болты крепления, 2- нижняя плита, 3- крышка нижняя, 5- статор ЭБН.

Устройство и принцип действия приспособления:

Разработанное приспособление, рисунок 1, состоит из нижней плиты 2, к которой крепятся: снизу – крышка 3, сверху – статор ЭБН 5, прижатый крышкой 6. В верхней части прессы расположен ходовой винт 10 с маховиком 11. Нижний конец винта упирается в калибрующий дорн 9. При вращении винта создается усилие запрессовки. В

колодце нижней плиты при запрессовке устанавливается также специальный упор 6, препятствующий сквозному прохождению кольца через статор. При выпрессовке старого кольца упор убирается. Приспособление крепится на верстаке в слесарных или в стуловых тисках.

Материал деталей приспособления представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Материал основных деталей приспособления

Деталь	Материал
Нижняя плита	Сталь 45, HRC 30...35 ГОСТ 22975-78
Нижняя крышка	Ст.3, Лист 5 мм
Стойка	Сталь 30
Упор	Труба $\frac{вн30 \times 2 \text{ ГОСТ}8732 - 78}{\text{Ст.3 ГОСТ}8734 - 74}$
Верхняя плита	Сталь 45
Винт	Сталь 40X, HRC 55...60 ГОСТ 22975-78
Маховик	Сталь 30

1. Расчет усилия запрессовки кольца. Расчет приспособления начинаем с определения усилия запрессовки бронзового кольца в статор ЭБН.

Требуемое усилие определяем по формуле:

$$P = \sigma_T \cdot F, \text{ Н} \quad (1)$$

Где  $\sigma_T$  – предел текучести материала кольца, МПа (для бериллиевой бронзы БрБ2.  $\sigma_T = 235$  МПа;  $F$  – площадь смятия,  $\text{м}^2$ .

Площадь смятия рассчитывается:

$$F = \pi(R^2 - r^2), \text{ м}^2 \quad (2)$$

где  $R$  – внешний радиус кольца с припуском, м;

$r$  – номинальный внешний радиус кольца, м.

Вычисляем:

$$F = 3,14 \cdot (0,0175^2 - 0,0170^2) \approx 0,00001725 = 17,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2;$$

$$P = 235 \cdot 10^6 \cdot 17,25 \cdot 10^{-6} = 40538 \text{ Н}.$$

2. Расчет винтового крепления. Минимальный диаметр винтов, крепящих боковые стойки прессы к нижней и верхней плитам, рассчитываем по формуле:

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot [\tau]}}, \text{ м} \quad (3)$$

где  $[\tau]$  – допускаемое напряжение сдвига в опасном сечении винта, МПа.

для стального винта  $[\tau] = 60$  МПа:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 4053,8}{3,14 \cdot 60 \cdot 10^6}} = 13,12 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 13 \text{ мм}.$$

Для получения более компактной конструкции применяем крепление из четырех винтов М5×25 (по два с каждой стороны). Итого, полученный суммарный диаметр  $4 \cdot 5 = 20 \text{ мм} > 13 \text{ мм}$ , - соответствует условию прочности.

Проверяем стенки отверстий скрепленных болтом деталей на смятие. Напряжение смятия в стенках отверстий:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P_1}{\delta \cdot d} < [\sigma_{\text{см}}], \text{ МПа} \quad (4)$$

где  $P_1$  – усилие смятия, Н;  $\delta$  – планируемая толщина скрепляемых пластин, м (0,005 м);  $d$  – диаметр винта, м (0,005 м);

$[\sigma_{\text{см}}]$  – допустимое напряжение, МПа (200 МПа).

Так как расчет ведется для четырех винтов, то для каждого из них по отдельности сминающее усилие будет:

$$P_1 = P/4 = 4053,8/4 = 1013,5 \text{ Н}.$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{1013,5}{0,005 \cdot 0,005} = 40,53 \text{ МПа} < [200 \text{ МПа}].$$

Это отвечает условиям прочности. Принимаем толщину боковых стоек 5 мм.

3. *Расчет ходового винта.* В предварительном варианте принимаем винт с трапециидальной резьбой номинального диаметра 16 мм, шагом витков 2 мм, внутренний диаметр 14,36 мм, ГОСТ 24738-81. Конец винта для снижения трения проектируем в виде полусферы радиусом 16 мм.

Момент затяжки винта определяем по формуле:

$$M = P \cdot [0,1d_2 + f_1 \cdot R \cdot \text{ctg} \frac{\gamma}{2}], \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (5)$$

где  $d_2$  – внутренний диаметр резьбы, м;  $f_1$  – коэффициент трения материала винта (в нашем случае 0,15);  $R$  – радиус сферического конца, м;

$\gamma$  – угол конического углубления пяты (в нашем случае  $120^\circ$ ).

$$M = 4053,8 \cdot [0,1 \cdot 0,0144 + 0,15 \cdot 0,016 \cdot \text{ctg} \frac{120}{2}] = 11,45 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

4. *Расчет посадки маховика.* Для упрощения записей сопрягаемый конец винта будем называть «вал», а отверстие ступицы маховика - «втулка».

Исходные данные:

Номинальный размер соединения:  $d=12 \text{ мм}$ .

Наружный диаметр охватывающей детали:  $D=100 \text{ мм}$ .

Длина сопряжения:  $l=25 \text{ мм}$ .

Крутящий момент, передаваемый сопряжением:  $M_{\text{кр}}=11,45 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Параметры шероховатости вала и втулки:  $R_{\text{zd}}=3,2 \text{ мкм}$ ,  $R_{\text{zd}}=3,2 \text{ мкм}$ .

5. Определение давления, необходимого для передачи заданного крутящего момента.

$$P \geq \frac{2M_{\text{кр}}}{\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot f}, \text{ МПа} \quad (6)$$

где  $M_{\text{кр}}$  – наибольший крутящий момент в соединении, Н×м;

$d$  – номинальный размер сопряжения, м;

$l$  – длина сопряжения, м;

$f$  – коэффициент трения покоя ( $f = 0,15$ ).

$$P \geq \frac{2 \times 11,45}{3,14 \times 0,012^2 \times 0,025 \times 0,15} \geq 13,5 \text{ МПа}.$$

6. *Определение величины наименьшего предельного натяга в соединении, способного передать заданный крутящий момент*

$$N_{\text{min}} = P \times d \left( \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right), \text{ мкм} \quad (7)$$

где  $E_D$ ,  $E_d$  – модули упругости материалов втулки и вала,

$C_D$ ,  $C_d$  – коэффициенты определяемые по следующим формулам

$$C_D = \frac{1 + \left( \frac{d}{D_2} \right)^2}{1 - \left( \frac{d}{D_2} \right)^2} + \mu_D; \quad C_d = \frac{1 + \left( \frac{d_1}{d} \right)^2}{1 - \left( \frac{d_1}{d} \right)^2} - \mu_d, \quad (8)$$

где  $\mu_D$ ,  $\mu_d$  – коэффициенты Пуассона для материалов вала и втулки.

$$C_D = \frac{1 + \left( \frac{0,012}{0,100} \right)^2}{1 - \left( \frac{0,012}{0,100} \right)^2} + 0,28 = 1,30$$

$$C_d = \frac{1 + \left( \frac{0}{0,012} \right)^2}{1 - \left( \frac{0}{0,012} \right)^2} - 0,28 = 0,72$$

$$N_{\text{min}} = 13,5 \times 10^6 \times 0,012 \cdot \left( \frac{1,30}{2 \times 10^{11}} + \frac{0,72}{2 \times 10^{11}} \right) = 16,4 \text{ мкм}.$$

Вычисление величины расчетного натяга с учетом, что при запрессовке микронеровности сопрягаемых поверхностей срезаются или сминаются

$$N_{\text{расч}} = N_{\text{min}} + 1,2(R_{\text{zd}} + R_{\text{zd}}), \text{ мкм} \quad (9)$$

где  $R_{\text{zd}}$ ,  $R_{\text{zd}}$  – высота микро неровности поверхности вала и втулки, мкм

$$N_{\text{расч}} = 16,4 + 1,2(3,2 + 3,2) = 24,08 \text{ мкм}$$

Выбор стандартной посадки из посадок группы «с натягом»

$$\text{Условие выбора посадки: } N_{\text{min}}^{\text{ст}} \geq N_{\text{расч}},$$

где  $N_{\text{min}}^{\text{ст}}$  - наименьший предельный натяг, обеспечиваемый выбранной стандартной посадкой, мкм.

$$\text{Выбираем посадку } \frac{H7}{t6}: 69 \text{ мкм} \geq 24,08 \text{ мкм.}$$

7. Проверка оптимальности выбора посадки.

Расчет наибольшего давления, возникающего в металле втулки при реализации выбранной посадки, ведем по формуле:

$$P_{\text{max}} = \frac{N_{\text{min}}^{\text{ст}} - 1,2 \cdot (R_{zd} + R_{zD})}{d \cdot \left( \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right)}, \text{ МПа} \quad (10)$$

$$P_{\text{max}} = \frac{69 \times 10^{-6} - 1,2(3,2 + 3,2) \times 10^{-6}}{0,012 \left( \frac{1,30}{2 \times 10^{11}} + \frac{0,72}{2 \times 10^{11}} \right)} = 38,82 \text{ МПа.}$$

Наибольшее напряжение, возникающее в металле втулки, рассчитывается по формуле:

$$\sigma_D = \frac{1 + \left( \frac{d}{D_2} \right)^2}{1 - \left( \frac{d}{D_2} \right)^2} \times P_{\text{max}}, \text{ МПа.} \quad (11)$$

$$\sigma_D = \frac{1 + \left( \frac{0,012}{0,100} \right)^2}{1 - \left( \frac{0,012}{0,100} \right)^2} \times 38,82 \approx 40 \text{ МПа.}$$

Анализ выполнения условия прочности охватываемой детали:

$$\sigma_D < [\sigma_T]_D; [\sigma_T]_D = 333 \text{ МПа.; } 40 \text{ МПа} < 333 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется, посадка выбрана оптимально.

Выводы:

Применение приспособления для выпрессовки кольца статора упрощает и облегчает данный процесс, значительно снижаются энергозатраты рабочего при ремонте.

Conclusions:

The use of a device for pressing out the stator ring simplifies and facilitates this process, the energy

consumption of the worker during repair is significantly reduced.

**Литература:**

1. Буралев Ю.В., Мартиров О.А., Кленников Е.В. Устройство обслуживание и ремонт топливной аппаратуры автомобилей. М.: Высшая школа, 1987.

2. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Анализ износа деталей транспортных и технологических машин./ Методическое пособие / Москва, 2020. С. 37.

3. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ-21614./ Техника и технология. 2013. № 3. С. 15-18.

4. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева./ Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.

5. Тойгамбаев С.К., Карапетян М.А. Направления и перспективы совершенствования топливopодpождеющей аппаратуры транспортных дизелей./ В сборнике: Естественные и технические науки в современном мире. 2018. С.35-45.

6. Тойгамбаев С.К., Нукешев С.О. Электромеханическое упрочнение соединений деталей машин./ В сборнике: Глобализация и развитие современного общества. Материалы Международной научно-практической онлайн-конференции. 2011. С. 49-54.

7. Тойгамбаев С.К., Карапетян М.А. Разработка методики испытания топливных насосов низкого давления топливной системы дизеля./ В сборнике: Логистика, Транспорт, Экология-2018. Материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 65-77.

8. Тойгамбаев С.К., Соколов О.К. Оптимизация параметров участка ТО и ремонта машино- тракторного парка./ В сборнике: Вестник международной общественной академии экологической безопасности и природопользования (МОАЭБП). Москва, 2020. С. 5-21.

9. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Выбор критериев оптимизации при решении задач по комплектованию парка машин производственных сельскохозяйственных организаций./ В сборнике: Доклады ТСХА. 2019. С. 317-322.

10. Шнырев А.П., Казимирчук А.Ф., Тойгамбаев С.К. Повышение надежности и долговечности резьбовых соединений./ В сборнике: Роль мелиорации и водного хозяйства в реализации национальных проектов. Материалы Международной научно-практической конференции. 2008. С. 257-259.

11. Шнырев А.П., Тойгамбаев С.К. Устройство для восстановления бронзовых втулок./ В сборнике: Природоохранное обустройство территорий. Материалы научно-технической конференции. 2002. С. 153-154.