

УДК 621. 629.3; 669.54. 793

Евграфов В.А. Приспособление для ремонта электробензонасосов
Device for repairing electric fuel pumps

Евграфов В.А.

д.т.н., профессор кафедры
«Техническая эксплуатация технологических машин и оборудования
природообустройства»
Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева.
Evgrafov V. A.,
doctor of technical Sciences, Professor of the Department
"Technical operation of technological machines and equipment of nature management"
Russian state agrarian University named after K. A. Timiryazev.

***Аннотация.** В данной статье предложена разработка стэнда для запрессовки и выпрессовки кольца статора электробензонасосов топливных систем двигателей внутреннего сгорания, которая до настоящего времени производилась ручным способом и приводила к поломкам колец. Разработанный стэнд позволяет повысить производительность труда на этой операции.*

***Ключевые слова:** статор; стэнд, запрессовка, топливная системы.*

***Abstract.** This article proposes the development of a stand for pressing and vyprressovki ring stater electric fuel pumps of internal combustion engine fuel systems, which until now was made manually and led to ring breakdowns. The developed stand allows you to increase labor productivity in this operation.*

***Keywords:** stater; stand, pressing, fuel system.*

Рецензент: Бойченко Олег Валериевич - доктор технических наук, профессор ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». Член-корреспондент Крымской академии наук, член-корреспондент РАЕ

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.

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.

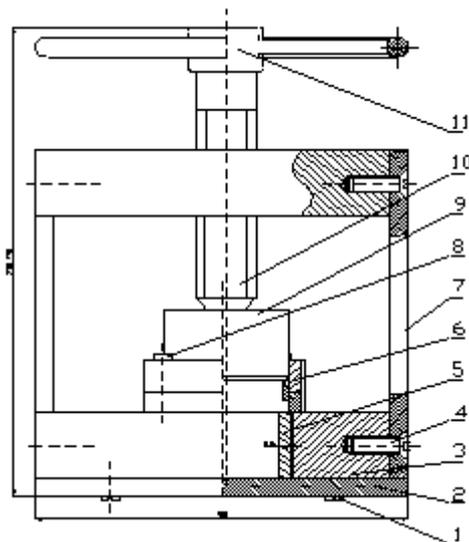


Рисунок 1. Приспособление для запрессовки кольца статора.

1- 4- 8 болты крепления, 2- нижняя плита, 3- крышка нижняя, 5- статор ЭБН.
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 $\frac{\text{вн}30 \times 2 \text{ ГОСТ}8732 - 78}{\text{Ст.3 ГОСТ}8734 - 74}$
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 σ_T – предел текучести материала кольца, МПа (для бериллиевой бронзы БрБ2 $\sigma_T=235$ МПа [2]); F – площадь смятия, м².

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.

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

$$P = 235 \cdot 10^6 \cdot 17,25 \cdot 10^{-6} = 4053,8 \text{ Н}.$$

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 $4 \cdot 5 = 20$ мм > 13 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; δ -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: $P_1 = P/4 = 4053,8/4 = 1013,5$ 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 5мм.

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; γ -угол конического углубления пяты (в нашем случае 120°).

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

4. Расчет посадки маховика.

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

Исходные данные:

Номинальный размер соединения:	$d=12$ мм.
Наружный диаметр охватывающей детали:	$D=100$ мм.
Длина сопряжения:	$l=25$ мм.
Крутящий момент, передаваемый сопряжением:	$M_{кр}=11,45$ Н×м.
Параметры шероховатости вала и втулки:	$R_{zd}=3.2$ мкм, $R_{zD}=3.2$ мкм.

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

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

где $M_{кр}$ -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:

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

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 μ_D, μ_d – коэффициенты Пуассона для материалов вала и втулки.

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{0,012}{0,100} \right)^2}{1 - \left(\frac{0,012}{0,100} \right)^2} + 0,28 = 1,30; \quad C_d = \frac{1 + \left(\frac{0}{0,012} \right)^2}{1 - \left(\frac{0}{0,012} \right)^2} - 0,28 = 0,72.$$

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

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

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

где R_{Zd} , R_{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»

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

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

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

7. Проверка оптимальности выбора посадки.

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

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

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

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

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

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

Анализ выполнения условия прочности охватываемой детали: $\sigma_D < [\sigma_T]_D$

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

Условие прочности выполняется, посадка выбрана оптимально.

Вывод.

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

Conclusion.

The use of a device for pressing and vyprressovki stator ring simplifies and facilitates this process, significantly reducing the energy consumption of the worker during repair.

Библиографический список

1. Буралев Ю.В., Мартиров О.А., Кленников Е.В. Устройство обслуживание и ремонт топливной аппаратуры автомобилей. М.: Высшая школа, 1987.
2. Слепцов О. Н. «Эффективность применения топлив растительного происхождения в АПК», диссертация, канд. техн. наук, - М.: МГАУ, 2007.
3. Тойгамбаев С.К., Голиницкий П.В. Размерный анализ подшипников скольжения при обжати. / Вестник ФГОУ ВПО "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2013. № 2 (58). с. 38-40.
4. Тойгамбаев С.К. Применение термодиффузионных процессов для упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственной техники. / Монография. Рекомендовано УМО ВУЗов МГУП. РИО МГУП им. А.Н. Костякова. –М.: 2011 с. 187.
5. Шнырев А.П., Тойгамбаев С.К. Основы надёжности транспортных и технологических машин. / Учебное пособие для студентов технических. Рекомендовано УМО ВУЗов МГУП. Издательская «Компания Спутник +». –М.: 2006. с.167.
6. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ – 21614. -М.: ж. Техника и технологии № 3 (56), 2013. с. 76-85.
7. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Эффективность использования тракторного 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. – М.: 2018. с. 45-46.
8. Тоигамбаев С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации./ Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва, 2000
9. Тойгамбаев С.К. Тележка с гидравлическим подъемником для ТО и ремонта автомобилей./ Аспирант и соискатель. – М.: 2012. № 4 (70). с. 80-84.
10. Тойгамбаев С.К. Закалка витков пружин сельскохозяйственных машин с применением электромеханического упрочнения./ Управление рисками в АПК. – М.: № 3-4. 2015. с. 21-33.