

Evgrafov V. A. Stand for repair and recovery of engine injectors

Стенд для ремонта и восстановления работоспособности форсунок двигателей

Evgrafov V. A.

doctor of technical Sciences, Professor of the Department of technical operation of technological machines and equipment of nature management. Russian state agrarian University of the Moscow state agricultural Academy named after K. A. Timiryazev.

Евграфов В.А.

д.т.н., профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства. Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева.

***Abstracts.** This article presents the scheme of operation and calculations of the moderated device and stand for a more simplified, efficient and fast repair work. In particular, a stand for flushing engine injectors and a device for repairing automobile electric fuel pumps with calculations for the strength of loaded parts.*

***Keyword:** stand; repair; spray nozzle; washing.*

***Аннотация.** В настоящей статье приводится схема работы и расчеты модернизированного приспособления и стенд – для более упрощенного, эффективного и быстрого проведения ремонтных работ. В частности стенд для промывки форсунок двигателей и приспособление для проведения ремонта автомобильных электробензонасосов с расчетами на прочность нагруженных деталей.*

***Ключевые слова:** стенд; ремонт; форсунка; промывка.*

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

На современном этапе развала промышленных предприятия и отраслей, происходит период перехода на различные методы агрегатного ремонта. Это в первую очередь связано с развалом и неспособностью ремонтных предприятия противостоять натиску импортной техники, со своей ремонтной и обслуживающей номенклатурой. Все же, 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. *Стенд для промывки распылителей форсунок двигателей.* До настоящего времени промывка распылителей форсунок производилась ручным плунжерным насосом. Разработанный стенд позволяет повысить производительность труда на этой операции. Стенд предназначен для промывки после прочистки и дефектации распылителей форсунок.

Устройство и работа стенда. Стенд рисунок 1, состоит из следующих узлов: рамы сварной конструкции 1, экрана 2, форсунки 3, манометра 4, гидроблока 5, кожуха 6, пневмоблока 7, трубопроводов 8, блока управления 9, напорного бака 10, вентиля открытия экрана 11. Рама выполнена из уголковой и листовой стали, и является основанием стенда. Экран закреплен шарнирно на кожухе, что позволяет производить замену распылителя при поднятом экране. Экран выполнен из органического стекла позволяет визуально выполнить и наблюдать

работу распылителя форсунки. Гидроблок представляет собой гидроцилиндр с поршнем. На выходе из гидроцилиндра установлена форсунка. Для контроля давления срабатывания форсунки в гидроблоке имеется манометр. Поршень гидроцилиндра приводится в действие штоком пневмокамеры. Пневмоблок состоит из блока управления и пневмокамеры, предназначенной для заполнения гидроцилиндра топливом и приведения в действие его поршня. Блок управления соединен с воздушной магистралью цеха и имеет два клапана, управляемых кнопками. Один клапан подает сжатый воздух в топливный бак, а другой в пневмокамеру. Пневмокамера является тормозной камерой диафрагменного типа автомобиля МАЗ-500. При подаче воздуха в камеру диафрагма перемещается, выдвигая шток с закрепленным на нем поршнем гидроцилиндра. Напорный топливный бак представляет собой герметичную сварную металлоконструкцию. При подаче в него сжатого воздуха, топливо из него через фильтр вытесняется в гидроблок. Бак оборудован пробкой, которая открывается после промывки распылителя для слива отработанного топлива, а также предусмотрен предохранительный шариковый клапан. Агрегаты станда закрыты сварным кожухом. Перед началом работы на станде его необходимо проверить и подключить. Подсоединить станд к цеховой воздушной сети через штуцер. Открыть кран и залить дизельное топливо в количестве 4-х литров. Нажать на кнопку и проверить поступление дизельного топлива в форсунку под давлением. Предупреждение: редукционный клапан необходимо отрегулировать на давление не более 0, МПа (2 кг/см²).

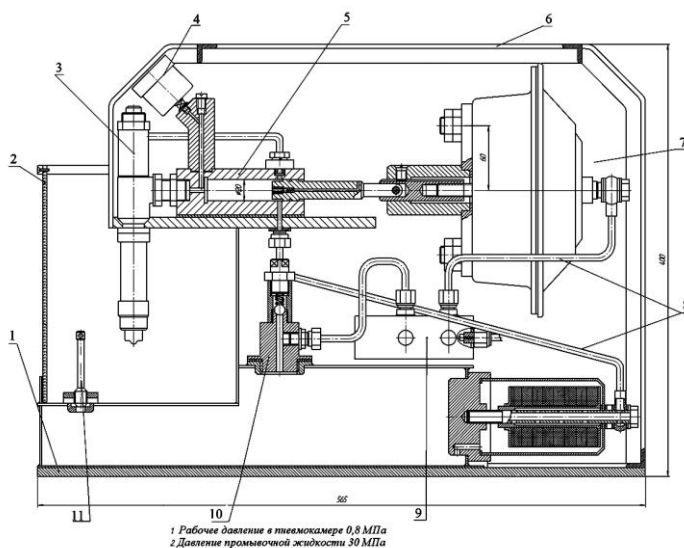


Рисунок 1. Стенд для промывки распределителей

- При работе на станде необходимо:
1. Поднять экран.
 2. Установить испытуемый распылитель в форсунку и затянуть гайкой.

3. Опустить экран. 4. Нажать кнопку пневмоблока и при появлении дизельного топлива через контрольное отверстие отпустить. 5. Нажать кнопку привода гидроблока и следить за давлением по показанию манометра.

Примечание: операцию 5 повторять до выхода из распылителя равномерных струй дизельного топлива. Для работы на стенде допускается рабочий, прошедший инструктаж на рабочем месте и ознакомленный рабочей инструкцией. Работник должен быть подготовленным и допущенным к работе на стенде.

Запрещается: - нажимать на кнопки пневмоблока при поднятом экране;
- производить регулировку клапана на давление выше 0,8 МПа;
- производить регулировку форсунки на давление выше 30 МПа; курить;
- проверить все электропровода как на самом стенде, так и все подключенные устройства вблизи стенда.

Приведем некоторые расчеты по стенду.

1. Расчет пневмокамерного привода стенда. Исходные данные:

$D = 140$ мм – рабочий диаметр мембраны; $P = 0,8$ МПа – давление воздуха;
 $d = 20$ мм – диаметр плунжера.

Необходимо узнать давление, развиваемое плунжером.

$$Q = F \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (1)$$

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p - (q + T) \quad (2)$$

где: q – сила сжатия пружины, возвращающей мембрану,

$T = 13,2$ Н – сила трения плунжера с уплотнительным кольцом,

$k = 1,2$ – коэффициент запаса жесткости пружины.

Силу сжатия пружины возвращающей мембрану определяем по формуле:

$$q = T \cdot k \quad (3)$$

$$q = 13,2 \times 1,2 = 1,58$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 140^2}{4} \cdot 0,8 - (1,58 + 13,2) = 3060 \text{ Н}; \quad Q = 3060 \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} = 41 \text{ МПа}$$

Рабочая пружина форсунки регулируется на срабатывание при давлении 30 МПа (300 кг/см^2), т.е. давление, вырабатываемое плунжером достаточно для проверки распылителей форсунки.

2. Расчет надежности крепления стенда к столу основанию. Условием надежности крепления приспособления к столу станка является отсутствие сдвига приспособления относительно стола стенда во время работы. Условие отсутствия сдвига приспособления относительно стола станка записывается:

$$F_{зат} = \frac{\kappa \cdot F}{i \cdot f \cdot Z_{\delta}}, H; \quad (4)$$

где i – число плоскостей стыка, $i = 1$; f – коэффициент трения, $f = 0,1$;

κ – коэффициент запаса, $\kappa = 2$; Z_{δ} – количество болтов, $Z_{\delta} = 4$;

$F_{зат}$ – сила затяжки болта, Н; F – внешняя сила, Н.

Внешняя сила F определяется по формуле:

$$F = \frac{T}{R}, H; \quad (5)$$

где T – вращающий момент $T = 602$ Н·мм; R – расстояние от оси хона до оси крепежного болта.

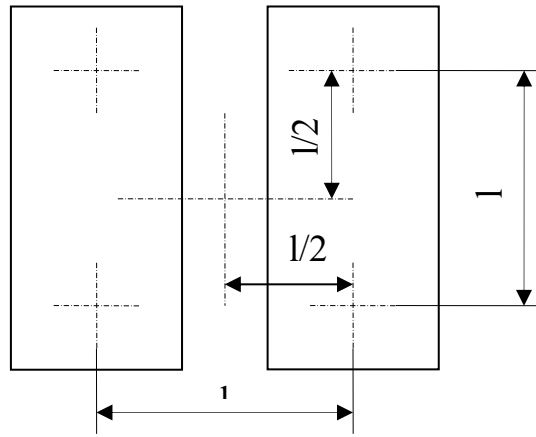


Рисунок 2. Схема расположения осей крепежных болтов относительно оси.

Расстояние от оси основания до оси крепежного болта рис. 2. определяется по формуле:

$$R = \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}, мм; \quad (6)$$

где $l = 120$ мм;

$$R = \sqrt{\left(\frac{120}{2}\right)^2 + \left(\frac{120}{2}\right)^2} = 85 мм$$

Подставляя полученные значения R в формулу (5), получим величину внешней силы F :

$$F = \frac{602}{85} = 7,1 Н$$

Подставляя полученные значения внешней силы F в формулу (4), получим величину силы затяжки болта $F_{зат}$:

$$F_{зат} = \frac{2 \cdot 7,1}{1 \cdot 0,1 \cdot 4} = 35,5 Н.$$

3. Расчет крепежных болтов на прочность по напряжению от силы затяжки.

Условие прочности по напряжению от силы затяжки записывается:

$$\sigma_{\text{эк}} = \frac{1,3 \cdot F_{\text{зат}}}{\frac{\pi \cdot d_1^2}{4}} \leq [\sigma], \text{ МПа}; \quad (7)$$

где d_1 – внутренний диаметр резьбы, для болта М12 $d_1 = 10,1$ мм;

$F_{\text{зат}}$ – сила затяжки болта, $F_{\text{зат}} = 35,5$ Н;

$$\sigma_{\text{эк}} = \frac{1,3 \cdot 35,5}{\frac{3,14 \cdot 1,01^2}{4}} = 0,58 \text{ МПа}.$$

Для болта изготовленного из стали 20 допустимое напряжение $[\sigma] = 144$ МПа.

Условие прочности крепежного болта по напряжению от силы затяжки выполняется, так как $\sigma_{\text{эк}} \ll [\sigma]$.

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 прессы непосредственно на предприятии. Расчет основных параметров приспособления приводится в данном разделе проекта.

Устройство и принцип действия приспособления. Разработанное приспособление, рисунок 3, 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 ступовых тисках.

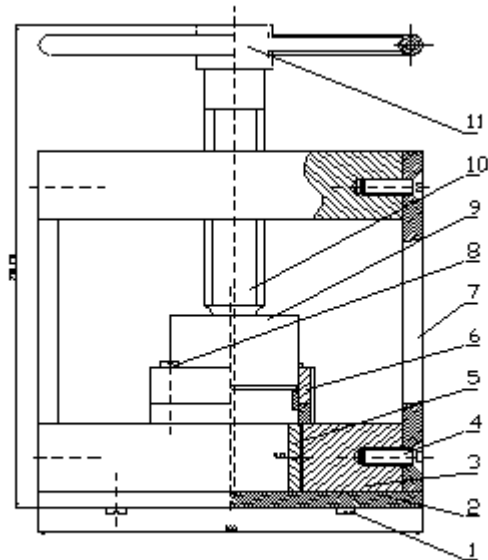


Рисунок 3. Приспособление для запрессовки.
 1-4-8 болты крепления, 2- нижняя плита, 3- крышка нижняя, 5- статор ЭБН.
 Материал деталей приспособления представлен в таблице 1.

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: $P = \sigma_T \cdot F$, Н (8)

где σ_T – предел текучести материала кольца, МПа (для бериллиевой бронзы БрБ2 $\sigma_T=235$ МПа.; F – площадь смятия, м².

Площадь смятия рассчитывается: $F = \pi(R^2 - r^2)$, м² (9)

где R – внешний радиус кольца с припуском, м; r – номинальный внешний радиус кольца, м.

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

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

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

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot [\tau]}}, \text{ м} \quad (10)$$

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:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P_1}{\delta \cdot d} < [\sigma_{\text{см}}], \text{ МПа} \quad (11)$$

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

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

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

2. 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:

$$M = P \cdot [0,1d_2 + f_1 \cdot R \cdot \text{ctg} \frac{\gamma}{2}], \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (12)$$

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°).

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

3. 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.

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

$$P \geq \frac{2M_{кр}}{\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot f}, \text{ МПа} \quad (13)$$

где $M_{кр}$ – наибольший крутящий момент в соединении, Н×м; d – номинальный размер сопряжения, м; l – длина сопряжения, м; f – коэффициент трения покоя ($f = 0,15$).

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

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

$$N_{\min} = P \times d \left(\frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right), \text{ мкм} \quad (14)$$

где E_D, E_d – модули упругости материалов втулки и вала; C_D, C_d – коэффициенты определяемые по следующим формулам

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{d}{D_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{d}{D_2} \right)^2} + \mu_D; \quad C_d = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d} \right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d} \right)^2} - \mu_d, \quad (15)$$

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

$$N_{\text{расч}} = N_{\min} + 1,2(R_{zd} + R_{zD}), \text{ мкм} \quad (16)$$

где R_{zd} , R_{zD} – высота микро неровности поверхности вала и втулки, мкм

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

Выбор стандартной посадки из посадок группы «с натягом »

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

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

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

б. Проверка оптимальности выбора посадки. Расчет наибольшего давления, возникающего в металле втулки при реализации выбранной посадки, ведем по формуле

$$P_{\max} = \frac{N_{\min}^{ст} - 1,2 \cdot (R_{zd} + R_{zD})}{d \cdot \left(\frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right)}, \text{ МПа} \quad (17)$$

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

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

$$\sigma_D = \frac{1 + \left(\frac{d}{D_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{d}{D_2} \right)^2} \times P_{\max}, \text{ МПа.} \quad (18)$$

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

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.

Выводы:

Конструкционная разработка стенд для промывки форсунок позволяет экономить не только рабочее время затрачиваемое на промывку распылителя форсунки двигателей, но и существенно экономит материальные затраты предприятия. Применение приспособления для выпрессовки кольца статора упрощает и облегчает данный процесс, значительно снижаются энергозатраты рабочего при ремонте.

Conclusions:

The design development of the nozzle flushing stand allows you to save not only the working time spent on flushing the engine nozzle, but also significantly saves the material costs of the enterprise. The use of a device for pressing out the stator ring simplifies and facilitates this process, significantly reducing the energy consumption of the worker during repair.

References

1. Тойгамбаев С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва. 2000 г.
2. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины **ОМ-21614**. / М.: Техника и технология. Изд-во «Спутник+», 2013. № 3. С. 15-18. 1. 1.
3. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М.: 2015. № 7. С. 28-32.
4. Тойгамбаев С.К. Тележка с гидравлическим подъемником для ТО и ремонта автомобилей. Аспирант и соискатель. 2012. № 4 (70). С. 80-84.
5. Тойгамбаев С.К. Стенд для обкатки и испытания двигателей. ж. Актуальные проблемы современной науки № 5, (78) 2014. г. Москва.
6. Тойгамбаев С.К., Ногай А.С., Нукешев С.О. Проводимость почвенного слоя в Акмолинской области. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2008. № 1 (26). С. 86-89.
7. Казимирчук А.Ф., Шнырев А.П., Тойгамбаев С.К. Флотационная очистка электролитов и СОЖ после механической обработки деталей машин. В сборнике: Роль мелиорации и водного хозяйства в реализации национальных проектов Материалы Международной научно-практической конференции. 2008. С. 216-218.
8. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Исследования по оптимизации и эффективности использования машино -тракторного парка предприятия. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. № 5. С. 28-33.
9. Тойгамбаев С.К., Шнырев А.П. Восстановление подшипников эксковаторных катков термодиффузионным напылением. Природообустройство сельскохозяйственных территорий. Сборник материалов научно-технической конференции. –М.: 2001. С. 127-128.