

УДК 621. 629.3; 669.54. 793

Тойгамбаев С.К. Разработка пневматического стенда дозированной заправки тракторов маслом

Development of a pneumatic stand for metered refueling tractors with oil

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.

r.ph.d., professor of the technical operation of technological machinery and equipment of environmental engineering. Russian state agrarian University named after K. A. Timiryazev.

Аннотация. В статье предложена модернизация пневматического стенда дозированной заправки маслом на техническом обслуживании тракторов, представлены эпюры расчетов прочности стенок бака и самой конструкции.

Ключевые слова: дозатор; нефтепродукт; техническое обслуживание; трактор.

Abstract. The article suggests the modernization of the pneumatic stand for metered oil refueling for tractor maintenance, and presents diagrams for calculating the strength of the tank walls and the structure itself.

Keywords: dispenser; oil product; maintenance; tractor.

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

Разрабатывая технологию приема, хранения и раздачи нефтепродуктов при проектировании нефтебазы, необходимо учитывать следующее: все резервуары для топлива и масел надо устанавливать наклонно под углом $2^{\circ} 30'$. Расположение оснований приемного и остальных резервуаров на разном уровне создает при их заполнении минимальное зеркало испарения, независимо от общего числа резервуаров. Наружные поверхности наземных емкостей, трубопроводов и другого нефтеоборудования склада окрашиваются масляной краской в светлый цвет, хорошо отражающий солнечные лучи. Основные меры по обеспечению чистоты смазочных материалов предупредительные операции. В картерном масле вредными считаются механические примеси размером выше 0,02 - 0,03 мм. Но достичь такой очистки через сетку невозможно. Весьма трудно фильтровать масло при низкой температуре. При заправке масла в картер его обычно пропускают через воронку с сеткой с отверстиями 0,2 мм. Чтобы сохранить качество масел, необходимо строго соблюдать правила хранения, не допуская попадания в масло влаги, и устранять излишние переливания, применяя заправочные агрегаты. Лучший способ хранения масел – хранение их в подвалах при температурах от 10 - 20 °С. Во время заправки, масла теряются за счет утечки, накипания на заправочное оборудование и т. д. При использовании примитивного

способа заправки маслами (бочки, ведро, воронка с сеткой) потери колеблются в пределах от 3,5 до 10,1 %. Так недолив моторного масла в картер двигателя в качестве 5 литров ведром и через 0,25 литра. В случае применения насоса дозатора 03-1559 потери снижаются до 1,17-1,62 %, а маслораздаточной колонки 367М и механизированного заправочного агрегата до 0,6 - 0,8%. Схема модернизированного пневматического стенда дозированной заправки маслом при техническом обслуживании двигателей тракторов, коробки перемены передач и заднего моста представлена на рисунке 1. К герметически закрытому баку 1, изготовленному из 8 мм стали, подключен трубопровод 5 сжатого воздуха через воздушный кран 16. В крышку бака вварена горловина для заливки в бак масла, которое закрывается пробкой 6, а на дне бака установлена сливная пробка 7, для удаления отстоя к масляному крану 18 подсоединяется мерная труба 12. На изогнутый конец мерной трубки 13 подсоединяется гибкий заправочный шланг 8 с переходным вентиляем 4 при помощи зажимного хомута. В противоположном конце шланга вмонтирован ниппель и кран счетчик винтовой КС - 1М2 19. При заправке бака маслом масляный и воздушный краны закрывают. Мерную трубку 12 устанавливают на требуемое заправочное количество масла и фиксируют зажимной гайкой 10. Открывают масляный кран 18 и воздушный кран 16, в бак начинает поступать сжатый воздух. Величина давления в баке регулируется манометром 17. Заправочная емкость трактора считается заправленной, если стрелка манометра возвратится к нулю, при этом перекрывается подача воздуха через воздушный кран. После заправки трактора маслом гибкий шланг наматывается на крюки 3, приваренные к раме 2

Под баком для инструмента имеются полки 14.

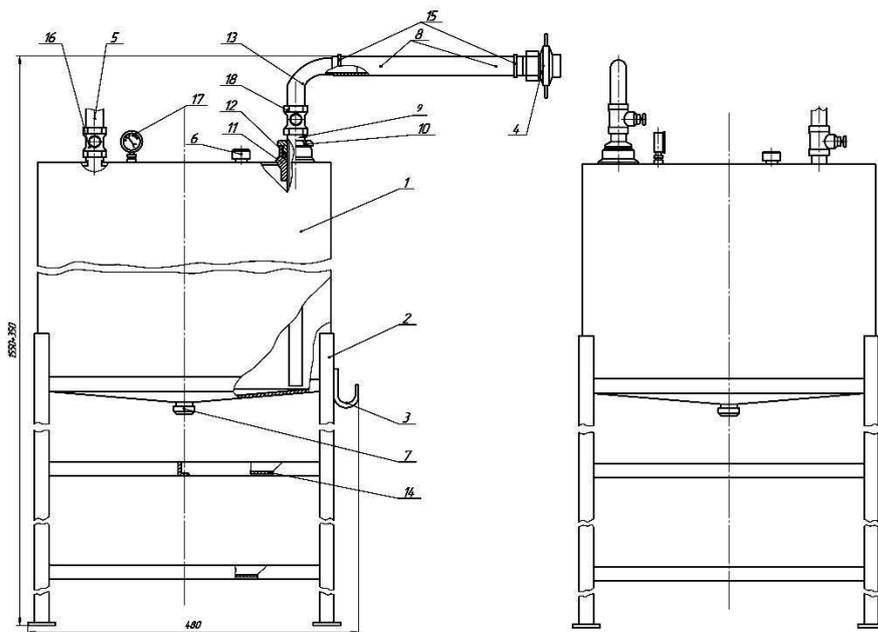


Рисунок 1. Модернизированный пневматический стенд дозированной заправки тракторов маслом.

Расчет конструкционной разработки. Расчет бака на прочность. Масляная магистраль в баке находится в плоском напряженном состоянии. Так как бак выполнен в виде параллелепипеда рисунок 2, то формула Лапласа для его расчета не подходит.

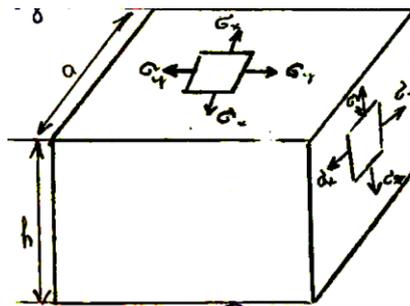


Рисунок 2. Плоское напряжение состояние бака с маслом

Для определения напряжений воспользуемся принципом независимости действия сил. Расчет бака двумя параллельными плоскостями (рис. 3).

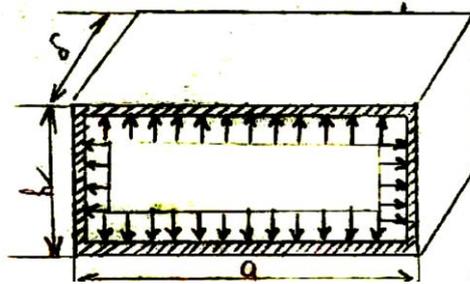


Рисунок 3. Распределение нагрузки по сечению.

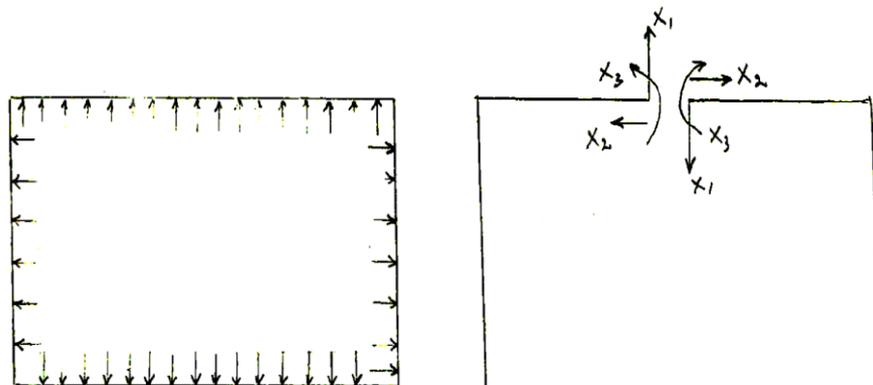
Получившуюся в результате сечения часть бака, можно считать прямоугольной рамой, нагруженной распределенной нагрузкой.

Приняв ширину полосы $\delta = 10\text{мм}$, получим, что

$$g = \frac{P}{10} \tag{1}$$

где P – внутренние давление, МПа.

Эта рама является статистической неопределимой системой. Для раскрытия статической неопределенности применяем метод сил (рис. 4).



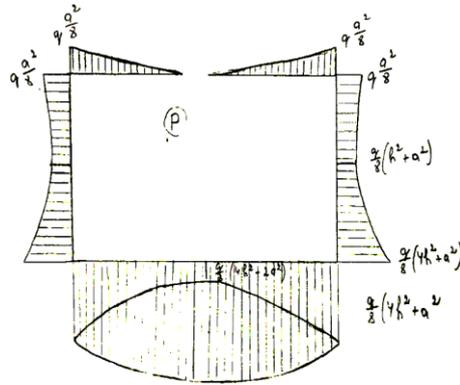


Рисунок 4. Эпюры сил, действующих на стены бака.

Составим систему канонических уравнений метода сил.

$$\begin{cases} X_1 \cdot \delta_{11} + X_2 \cdot \delta_{12} + X_3 \cdot \delta_{13} + \Delta_{1P} = 0; & \{ X_1 \cdot \delta_{21} + X_2 \cdot \delta_{22} + X_3 \cdot \delta_{23} + \Delta_{2P} = 0 \\ & \{ X_1 \cdot \delta_{31} + X_2 \cdot \delta_{32} + X_3 \cdot \delta_{33} + \Delta_{3P} = 0 \end{cases}$$

Коэффициент уравнений найдем по правилу Верещагина:

$$\delta_{11} = \frac{1}{E_y} \left(4 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{g}{2} \cdot \frac{g}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{g}{2} + 2 \cdot \frac{g}{2} \cdot \frac{g}{2} \cdot h \right) = \frac{1}{E_y} \left(\frac{a^3}{6} + \frac{a^2 \cdot h}{2} \right) = \frac{1}{E_y} \left(\frac{0,4^3}{6} + \frac{0,4^2 \cdot 0,35}{2} \right) = \frac{0,0387}{E_y}$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{E_y} \left(2 \cdot \frac{1}{2} \cdot h \cdot h \cdot h \cdot \frac{2}{3} h + h \cdot a \cdot h \right) = \frac{1}{E_y} \left(\frac{2}{3} h^3 + h^2 \cdot a \right) = \frac{1}{E_y} \left(\frac{2 \cdot 0,35^3}{3} + 0,35^2 \cdot 0,4 \right)$$

$$\delta_{33} = \frac{1}{E_y} (2a + 2h) = \frac{2}{E_y} (0,4 + 0,35) = \frac{1,5}{E_y}$$

$\delta_{12} = \delta_{21} = 0$, так как эпюры кососимметричны; $\delta_{13} = \delta_{31} = 0$, так как эпюры кососимметричны; $\Delta_{1P} = 0$, так как эпюры кососимметричны.

$$\delta_{23} = \delta_{32} = \frac{1}{E_y} \left(2 \cdot \frac{1}{2} \cdot h \cdot h \cdot 1 + h \cdot a \cdot 1 \right) = \frac{1}{E_y} (h^2 + h \cdot a) = \frac{1}{E_y} (0,35^2 + 0,35 \cdot 0,4) = \frac{0,2625}{E_y}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{2P} &= \frac{1}{E_y} \left[2 \cdot \frac{h}{6} \left(4 \cdot \frac{g}{8} (h^2 + a^2) \right) \cdot \frac{h}{2} + \frac{g}{8} (4h^2 + a^2) \cdot h + \frac{a}{6} \left(\frac{h}{2} \cdot \frac{g}{8} (4h^2 + a^2) \right) + \right. \\ &+ \left. 4 \cdot \frac{g}{8} (4 \cdot h^2 + 2a^2) \right] = \frac{1}{E_y} \left[\frac{gh^2}{8} (2h^2 + a^2) + \frac{gha}{2} (h^2 + \frac{5}{12} a^2) \right] = \frac{g}{E_y} \left[\frac{0,35^2}{8} (2 \cdot 0,35^2 + 0,4^2) + \right. \\ &+ \left. \frac{0,35 \cdot 0,4}{2} \cdot (0,35^2 + \frac{5}{12} \cdot 0,4^2) \right] = \frac{0,0194}{E_y} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{3P} &= \frac{1}{E_y} \left[2 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{g \cdot a^2}{8} \cdot \frac{a}{2} \right) + \left(\frac{g \cdot a^2}{8} + 4 \cdot \frac{g}{8} (h^2 + a^2) + \frac{g}{8} (4 \cdot h^2 + a^2) \right) \cdot \frac{h}{6} + \frac{a}{6} \left(2 \cdot \frac{g}{8} (4h^2 + a^2) + \right. \right. \\ &+ \left. \left. 4 \cdot \frac{g}{8} (4h^2 - 2a^2) \right) \right] = \frac{1}{E_y} \cdot \frac{g}{48} (2a^3 + 6a^2 \cdot h + 8h^3) + a(24h^2 - 6a^2) = \frac{g}{48E_y} (2(0,4^3 + 6 \cdot 0,4^2 \cdot 0,35 + \\ &8 \cdot 0,35^3) + 0,4 \cdot (24 \cdot 0,35^2 - 6 \cdot 0,4)) = \frac{0,062g}{E_y} \end{aligned}$$

После сокращения $\frac{1}{E_y}$ получим систему уравнений

$$\begin{cases} X_1 \cdot 0,0387 + X_2 \cdot 0 + X_3 \cdot 0 + 0 = 0, & \{ X_1 \cdot 0 + 0,1307 X_2 + 0,265 X_3 \cdot + 0,0194 \cdot g = 0 \\ X_1 \cdot 0 + 0,2625 X_2 + 1,5 X_3 \cdot + 0,062 \cdot g = 0 \end{cases}$$

Решив уравнения, получим $X_1=0$; $X_3= -0,024 \cdot g$; $X_2=-0,0978g$.

Погонная нагрузка $g=4$ кН/м, при $P=0,4$ МПа, тогда $X_3= -0,096$ кН·м;

$X_2=-0,39$ кН. Максимальный изгибающий момент образуется у краев.

$$M_n = \frac{g \cdot a^2}{8} - X_3 = \frac{4 \cdot 0,4^2}{8} - 0,096 = -0,016 \text{ кН·м}$$

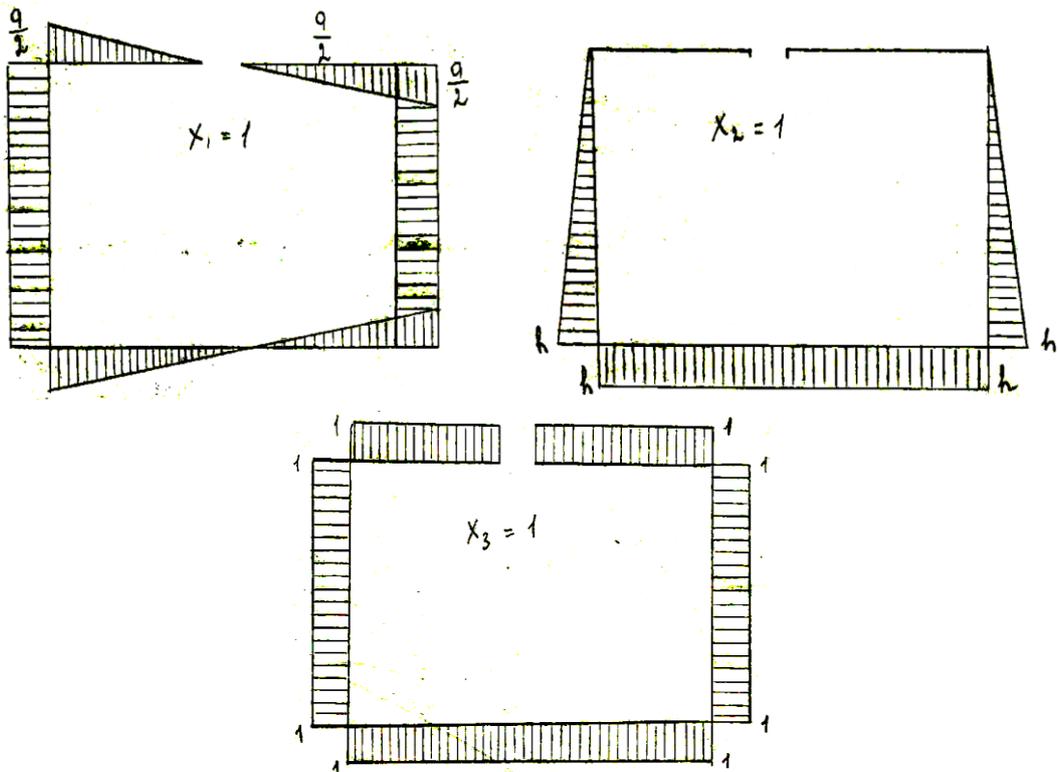


Рисунок 5. Эпюры сил, действующих на стены бака
Напряжение у краев будут складываться из напряжений от изгиба.

$$\sigma_n = \frac{M_n}{W_z}, \quad (2)$$

где W_z – момент сопротивления полоски единичной ширины.

$$W_z = \frac{10\delta^2}{6}, \quad (3)$$

где δ – толщина листов.

$$\sigma_n = \frac{0,016 \cdot 10^6 \cdot 6}{10\delta^2} = \frac{9600}{\delta^2} \text{ МПа}$$

Напряжение от растяжение силою X_2 :

$$\sigma_p = \frac{X_2}{F}, \quad (4)$$

где F - площадь поперечного сечения полосы единичной ширины, $F = 10\delta$.

$$\sigma_p = \frac{0,39 \cdot 10^3}{10\delta} = \frac{39}{\delta} = \frac{40}{\delta}$$

Опасным сечением являются углы бака. На гранях элементарного объема магистрали, расположенного по углам бака, действуют следующие напряжения.

(рис. 6).

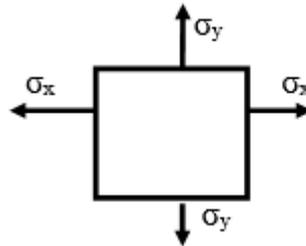


Рисунок 6. Действия напряжений на элементарный объем

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_n + \sigma_p = \frac{9600}{\delta^2} + \frac{40}{\delta}$$

Главное напряжения при плоском напряженном состоянии равны.

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau} \quad (5)$$

т.к. касательные напряжения равны нулю, то

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} = \sigma_x \quad (6)$$

Из условия прочности равны $\sigma_{max} = \left(\frac{9600}{\delta^2} + \frac{40}{\delta}\right) \leq [\sigma]$

Найдем толщину листа δ $\frac{9600}{\delta^2} + \frac{40}{\delta} = 160$, откуда $\delta = 7,75$ мм

Принимаем толщину листа $\delta = 8$ мм.

Расчет зажимного приспособления. Под действием внутреннего давления $P=0,4$ МПа на трубу действует выталкивающая сила (рис. 7).

Эта сила должна уравниваться силой трения, возникающей вместе прикасания к трубе резинового кольца:

$$P_{mp} = \sigma_p \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot f, \quad (7)$$

где σ_p - напряжения на поверхности контакта кольцо – труба; l - ширина резинового кольца; d - внутренний диаметр кольца, равный наружному диаметру трубы; f - коэффициент трения, сталь – резина $f = 0,8$.

Для надежного запираения принимаем $P_{тр} \geq 125$ N

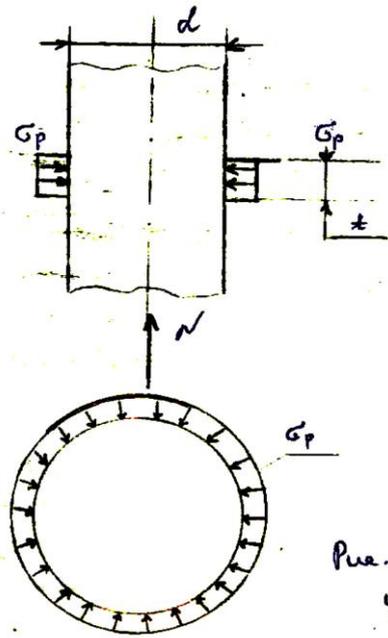


Рисунок 7. Выталкивающая и уравнивающая сила

$$\sigma_p \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot f = 1,25 \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot P, \text{ откуда } \sigma_p = \frac{1,25 \cdot p \cdot d}{4 \cdot l \cdot f}$$

$$\sigma_p = \frac{1,25 \cdot 34 \cdot 0,4}{4 \cdot 20 \cdot 0,8} = 0,27 \text{ Мпа}$$

Определяем, при каком ходе гайки будет обеспечиваться создание напряжения σ_p (рис. 8). Из обобщенного закона Гука имеем:

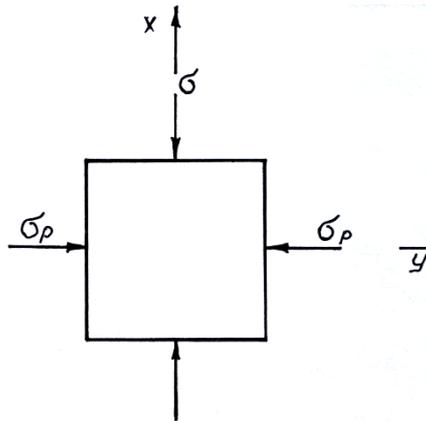


Рисунок 8. Напряжение на поверхности контакта кольцо - труба

$$E_x = \frac{1}{E}(\sigma - M\sigma_p); \quad E_y = \frac{1}{E}(\sigma_p - M\sigma)$$

т. к. $E_y = 0$, то

$$\sigma = \frac{\sigma_p}{M}, \quad (8)$$

где M - коэффициент Пуассона, $M = 0,5$; E - модуль продольной упругости.

$$\sigma = \frac{\sigma_p}{0,5} = 2\sigma_p; \quad E_x = \frac{1}{8}(2\sigma_p - 0,5\sigma_p) = \frac{1,5\sigma_p}{8}; \quad \frac{1,5 \cdot 0,27}{8} = 0,05$$

Ход гайки: $l = E_x \cdot f$

(9)

$$l = 0,05 \cdot 20 = 1 \text{ мм}$$

Выводы.

Предложенная модернизация пневматического стенда дозированной заправки тракторов маслом позволяет экономить силы и средства при проведении технического обслуживания тракторов.

Conclusions.

The proposed modernization of the pneumatic stand for metered refueling of tractors with oil allows you to save time and money when carrying out maintenance of tractors.

Библиографический список

1. Саньков В.М., Евграфов В.А., Юрченко Н.И. Основы эксплуатации транспортных и технологических машин и оборудования. Учебник. –М.: «Колос». 2001. с. 254.
2. Тойгамбаев С.К. Стенд для обкатки и испытания двигателей. ж. Актуальные проблемы современной науки № 5, (78) 2014. г. Москва.
3. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Определение трудоемкости диагностирования автомобилей./ж. Естественные и технические науки. №12(138).М.:-2019.74с.
4. Тойгамбаев С.К., Усов Н.И. Некоторые способы повышения надежности гидросистем транспортных и технологических машин. Сборник: Роль природообустройства сельских территорий в обеспечении устойчивого развития АПК. Материалы международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГОУ ВПО Московский государственный университет природообустройства. 2007. С. 225-226.
5. Тойгамбаев С.К. Математическое моделирование оптимизации парка машин и повышения надежности эксплуатации. Аспирант и соискатель. 2015. № 5 (89). С. 102-106.