

Научная статья

УДК 629.114.2.004

doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-124-129

## **Математическое описание процесса технического обслуживания машин с учётом его надёжности**

**Василий Николаевич Хабардин, Татьяна Леонидовна Горбунова**

Иркутский ГАУ

**Аннотация.** Техническое обслуживание мобильных машин, используемых в сельском хозяйстве, развивается по двум основным направлениям – ресурсосбережение и экологическая безопасность. В значительной степени эффективность техобслуживания машин зависит от качества выполнения смазочно-заправочных операций, поскольку на их долю приходится около 50 % затрат труда и средств технического обслуживания. Поскольку эти операции осуществляются с использованием топливно-смазочных материалов, они существенно влияют на экологическую безопасность технического обслуживания машин в полевых условиях. Вероятность их попадания на почву при этом в поле определяется различными причинами и зависит от надёжности технологического процесса. До настоящего времени надёжность процесса технического обслуживания машин изучена недостаточно, что сдерживается отсутствием соответствующей теоретической базы. Решению этой задачи посвящена настоящая работа. В результате исследования получено математическое описание процесса технического обслуживания, позволяющее учесть удельную суммарную стоимость смазочно-заправочных операций при всех видах техобслуживания, проводимых в поле, причём в совокупности с удельной суммарной стоимостью устранения последствий функциональных отказов – событий, связанных с проливом топливно-смазочных материалов на почву. При этом в качестве основных показателей надёжности приняты средняя стоимость устранения последствий отказа и средняя наработка на отказ. На этой основе представляется возможным разработать методику экспериментального исследования процесса технического обслуживания машин с учётом его надёжности, а по результатам этого исследования обосновать рекомендации по улучшению надёжности.

**Ключевые слова:** машина, техническое обслуживание, сельская местность, процесс, смазочно-заправочная операция, стоимость, надёжность.

**Для цитирования:** Хабардин В.Н., Горбунова Т.Л. Математическое описание процесса технического обслуживания машин с учётом его надёжности // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 124–129. doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-124-129.

Original article

## Mathematical description of technical process maintenance of machines taking into account its reliability

Vasilij N. Habardin, Tatyana L. Gorbunova  
Irkutsk State Agrarian University

**Abstract.** Currently, the maintenance of mobile machines used in agriculture is developing in two main areas – resource conservation and environmental safety. The efficiency of machine maintenance largely depends on the quality of the lubrication and filling operations, since they account for about 50 % of labor and maintenance costs. Since these operations are carried out using fuel and lubricants, it is they that significantly affect the environmental safety of machine maintenance in the field. The probability of getting fuel and lubricants on the soil in this case in the field is determined by various reasons, it always exists and depends on the reliability of the technological process. Until now, the reliability of the machine maintenance process has not been studied enough, which is constrained by the lack of an appropriate theoretical base. This work is devoted to solving this problem. As a result of the study, a mathematical description of the maintenance process was obtained, which makes it possible to take into account the specific total cost of lubrication and filling operations for all types of maintenance carried out in the field, and in conjunction with the specific total cost of eliminating the consequences of functional failures – events associated with the spill of fuel and lubricants on soil. At the same time, the average cost of eliminating the consequences of failure and the mean time between failures are taken as the main indicators of reliability. On this basis, it seems possible to develop a methodology for an experimental study of the process of maintenance of machines, taking into account its reliability, and based on the results of this study, substantiate recommendations for improving reliability.

**Keywords:** machine, maintenance, countryside, process, lubrication and filling operation, cost, reliability.

**For citation:** Habardin V.N., Gorbunova T.L. Mathematical description of technical process maintenance of machines taking into account its reliability. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; 87(1): 124–129. (In Russ.). doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-124-129.

В настоящее время техническое обслуживание (ТО) мобильных машин, используемых в сельском хозяйстве, развивается по двум основным направлениям – ресурсосбережение и экологическая безопасность [1–7]. Проведёнными ранее исследованиями установлено, что эффективность ТО машин в значительной степени зависит от качества выполнения смазочно-заправочных операций (СЗО), так как на их долю приходится около 50 % всех затрат ТО [3, 5, 7]. Поскольку эти операции осуществляются с использованием топливно-смазочных материалов (ТСМ), то именно они существенно влияют на экологическую безопасность ТО машин в полевых условиях. Вероятность попадания ТСМ на почву при ТО машин в поле определяется различными причинами, существует всегда и зависит от надёжности технологического процесса [8]. Однако до настоящего времени надёжность процесса ТО машин изучена недостаточно, что сдерживается отсутствием соответствующей теоретической базы. Решение этой задачи, несомненно, актуально.

**Материал и методы. Задача исследования** – математическое описание процесса технического обслуживания машин с учётом его надёжности. **Объектом исследования** стал процесс технического обслуживания машин в полевых условиях.

**Методика исследования.** В основу математического описания положена удельная суммарная стоимость технических обслуживаний – отношение средней суммарной стоимости технических обслуживаний к заданной наработке [9] – и при этом учтены функциональные отказы [8] (в на-

шем исследовании – события, заключающиеся в попадании топливно-смазочных материалов на почву) по удельной суммарной стоимости устранения их последствий (отношению средней суммарной стоимости устранения последствий отказов к средней наработке на отказ [10]) при выполнении смазочно-заправочных операций в полевых условиях. Для этого процесс ТО представлен в трёх уровнях: технологическая операция, относящаяся к СЗО, – вид ТО – цикл ТО (рис. 1). Поскольку по ГОСТу 20793–2009 [11] на местах работы тракторов (в поле) допускается выполнение ежесменных ТО (ЕТО), периодических первых (ТО-1) и вторых (ТО-2) обслуживаний, то именно эти виды ТО вошли в состав технологического процесса, а цикл ТО принят кратным ТО-2. При этом процесс ТО представлен многомерно-многомерной схемой исследования – системой на основе «чёрного ящика» с входными (внешними воздействиями)

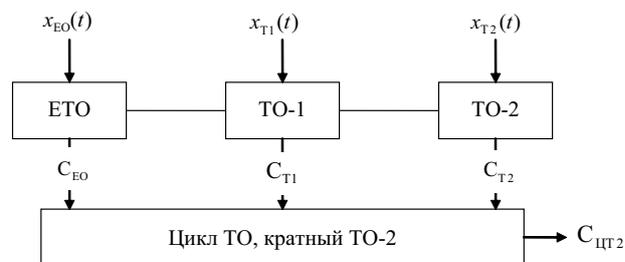


Рис. 1 – Логическая схема к математическому описанию процесса технического обслуживания машин (обозначения в тексте)

и выходными (реакцией на внешние воздействия) сигналами исследуемого объекта, которые рассматриваются по отношению как к каждому названному виду ТО, так и к циклу обслуживания. Так, для ЕТО, ТО-1 и ТО-2 входными сигналами являются  $x_{EO}(t)$ ,  $x_{T1}(t)$  и  $x_{T2}(t)$ , которыми, например, могут быть затраты труда, потери от простоев машины и затраты на ТСМ по  $i$ -операции обслуживания, относящейся к этим видам ТО. Выходные сигналы –  $C_{EO}$ ,  $C_{T1}$ ,  $C_{T2}$  – например, удельная суммарная стоимость СЗО при ЕТО, ТО-1 и ТО-2. В свою очередь выходные сигналы каждого вида ТО являются входными сигналами по отношению к циклу ТО, на выходе которого – выходные сигналы  $C_{ЦТ2}$  – удельная суммарная стоимость СЗО за цикл ТО, кратный ТО-2. В этом случае задача моделирования состоит в построении вход-выходного отображения, задающего математическую (количественную) зависимость между двумя пространствами функций, элементами которых являются входные и выходные сигналы.

**Результаты исследования.** Для решения поставленной задачи на первом этапе из всей совокупности операций ТО выделим смазочно-заправочные операции, которыми в дальнейшем и будем оперировать при разработке математического описания. При этом воспользуемся принципом аналогии, полагая, что удельная суммарная стоимость СЗО может быть выражена по аналогии с удельной суммарной стоимостью ТО [9].

Далее для простоты изложения удельную суммарную стоимость каждой  $i$ -операции представим в виде суммы:

$$C_i = C_{Hi} + C_{Oi}, \tag{1}$$

где  $C_i$  – удельная суммарная стоимость  $i$ -операции;  $C_{Hi}$  – нормативная удельная суммарная стоимость этой операции;

$C_{Oi}$  – удельная суммарная стоимость устранения последствий отказа при выполнении этой же операции ( $C_i$ ,  $C_{Hi}$  и  $C_{Oi}$  измеряются в руб./моточ). При этом

$$C_{Hi} = \frac{Z_{Hi}}{\tau_i}, \tag{2}$$

$$C_{Oi} = \frac{Z_{Oi}}{T_{COi}}, \tag{3}$$

где  $Z_{Hi}$  – нормативные суммарные затраты на выполнение  $i$ -операции, руб.;

$\tau_i$  – периодичность этой операции, соответствующая периодичности ТО, при котором она выполняется, моточ.;

$Z_{Oi}$  – суммарные затраты на устранение последствий отказа при проведении этой же операции, руб.;

$T_{COi}$  – средняя наработка на отказ при осуществлении  $i$ -операции, моточ.

Тогда с учётом (2) и (3) уравнение (1) примет вид:

$$C_i = \frac{Z_{Hi}}{\tau_i} + \frac{Z_{Oi}}{T_{COi}}. \tag{4}$$

Показатели  $Z_{Hi}$  и  $Z_{Oi}$

$$Z_{Hi} = \sum_{l=1}^N Z_{Hli}, \tag{5}$$

$$Z_{Oi} = \sum_{k=1}^M Z_{Oki} \tag{6}$$

или те же показатели в развёрнутом виде –

$$Z_{Hi} = Z_{HTi} + П_{НПи} + Z_{HMi}, \tag{7}$$

$$Z_{Oi} = Z_{OTi} + П_{ОПи} + Z_{OMi} + Z_{OVi} + Z_{OUMi} + Z_{OUVi} + И_{OЭi}, \tag{8}$$

где  $Z_{Hli}$  – совокупность ( $N$ ) суммарных технико-экономических показателей  $l$  по  $i$ -операции, соответствующих нормативным значениям;  $Z_{HTi}$ ,  $П_{НПи}$ ,  $Z_{HMi}$  – нормативные суммарные затраты труда, потери от простоев машины и затраты на топливно-смазочные материалы (ТСМ) по  $i$ -операции;

$Z_{Oki}$  – совокупность ( $M$ ) суммарных технико-экономических показателей  $k$  в связи с устранением последствий отказов при выполнении  $i$ -операции, руб., соответствующих нормативным значениям;

$Z_{OTi}$ ,  $П_{ОПи}$ ,  $Z_{OMi}$ ,  $Z_{OVi}$ ,  $Z_{OUMi}$ ,  $Z_{OUVi}$  – дополнительные суммарные затраты труда, потери от простоев машины, затраты на ТСМ, затраты на утилизацию ТСМ и ветоши в связи с устранением последствий отказов при выполнении  $i$ -операции;

$И_{OЭi}$  – суммарная стоимость издержек от нарушения требований охраны окружающей среды в случае отказа при выполнении  $i$ -операции в поле – при попадании ТСМ в почву (все приведённые здесь показатели измеряются в руб.).

При

$$Z_{HTi} = t_{Hi}C_T, \tag{9}$$

$$П_{НПи} = T_{Hi}C_{П}, \tag{10}$$

$$Z_{HMi} = m_{HMi}\rho_M^{-1}\Pi_M, \tag{11}$$

уравнение (7) примет вид:

$$Z_{Hi} = t_{Hi}C_T + T_{Hi}C_{П} + m_{HMi}\rho_M^{-1}\Pi_M, \tag{12}$$

где  $t_{Hi}$ ,  $T_{Hi}$  – нормативная трудоёмкость и продолжительность  $i$ -операции (соответственно в чел.-ч, ч);

$C_T$  – часовая тарифная ставка специалиста, выполняющего ТО, руб/ч;

$C_{П}$  – стоимость потерь за час простоя машины, руб/ч;

$m_{HMi}$  – нормативная масса ТСМ по  $i$ -операции, кг;

$\rho_M$  – плотность ТСМ (масла);

$\Pi_M$  – цена 1 л масла, руб.

Теперь выразим слагаемые правой части уравнения (8), а именно:

$$З_{OTi} = t_{O_i} C_T, \quad (13)$$

$$П_{OPi} = T_{O_i} C_{П}, \quad (14)$$

$$З_{OMi} = m_{OMi} \rho_M^{-1} Ц_M, \quad (15)$$

$$З_{OBi} = m_{OMi} H_B Ц_B, \quad (16)$$

$$З_{OUMi} = m_{OMi} \gamma_M C_{УМ}, \quad (17)$$

$$З_{OUBi} = m_{OMi} H_B C_{УВ}, \quad (18)$$

где  $t_{O_i}$ ,  $T_{O_i}$  – дополнительные трудоёмкость и продолжительность устранения последствий отказа при  $i$ -операции (соответственно в чел.-ч, ч);

$m_{OMi}$  – масса пролитых ТСМ на почву при  $i$ -операции, кг;

$H_B$  – расход ветоши в кг на 1 кг собранного на неё масла;

$Ц_B$  – цена 1 кг ветоши, руб.;

$\gamma_M$  – относительная доля масла, собранного с почвой при устранении последствий отказа;  $C_{УМ}$ ,  $C_{УВ}$  – стоимость утилизации 1 кг ТСМ с почвой и 1 кг промасленной ветоши, руб.

В дополнение к этому представим ещё одно слагаемое уравнения (8) –  $И_{OЭi}$ . Для этого на первом этапе найдем экологический ущерб от загрязнения земель, который в общем виде определяется по формуле [12]:

$$У_T = S N_C K_{Э} K_{П} K_{Xn}, \quad (19)$$

где  $S$  – площадь почв и земель, сохранённая от деградации за отчётный период времени в результате проведённых природоохранных мероприятий, га;

$N_C$  – норматив стоимости земель, руб/га или руб/м<sup>2</sup>;

$K_{Э}$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории;

$K_{П}$  – коэффициент для особо охраняемых территорий;

$K_{Xn}$  – повышающий коэффициент за предотвращение (ликвидацию) загрязнения земель несколькими ( $n$ ) химическими веществами.

Выражение (19) преобразуем следующим образом. Выразим  $S$  по формуле:

$$S_{O_i} = \frac{m_{OMi}}{m_{П}}, \quad (20)$$

где  $S_{O_i}$  – площадь почв и земель, подверженная деградации по результатам выполнения  $i$ -операции, м<sup>2</sup>;

$m_{П}$  – предельная масса ТСМ, достаточная для того, чтобы привести к полной деградации почву на площади 1 м<sup>2</sup>, кг/м<sup>2</sup>.

Подставим найденное  $S_{O_i}$  (20) в (19) и получим искомую суммарную стоимость издержек  $И_{OЭi}$ , обусловленную попаданием ТСМ в почву при выполнении  $i$ -операции:

$$И_{Эi} = m_{OMi} m_{П}^{-1} N_C K_{Э} K_{П} K_{Xn}. \quad (21)$$

Если учесть коэффициент  $\gamma_M$  – относительную долю масла, собранного с почвой при устранении последствий отказа, то формула (21) примет следующий окончательный вид:

$$И_{Эi} = m_{OMi} m_{П}^{-1} N_C K_{Э} K_{П} K_{Xn} (1 - \gamma_M). \quad (22)$$

Итак, все слагаемые (показатели) уравнения (8) найдены: (13) – (18) и (22). Теперь подставим их в уравнение (22) и после несложных преобразований получим:

$$З_{O_i} = t_{O_i} C_T + T_{O_i} C_{П} + m_{OMi} [(\rho_M^{-1} Ц_M + H_B Ц_B + \gamma_M C_{УМ} + H_B C_{УВ} + m_{П}^{-1} N_C K_{Э} K_{П} K_{Xn} (1 - \gamma_M))]. \quad (23)$$

Если принять, что  $t_{O_i} = T_{O_i}$  (это вполне допустимо при условии, когда ТО проводит один оператор), то уравнение (23) примет следующий окончательный вид:

$$З_{O_i} = t_{O_i} (C_T + C_{П}) + m_{OMi} [(\rho_M^{-1} Ц_M + H_B Ц_B + \gamma_M C_{УМ} + H_B C_{УВ} + m_{П}^{-1} N_C K_{Э} K_{П} K_{Xn} (1 - \gamma_M))]. \quad (24)$$

Для получения  $C_i$  достаточно подставить  $З_{Hi}$  (12) и  $З_{O_i}$  (24) в уравнение (4).

При известных значениях  $C_i$  в дальнейшем представляется возможным выразить удельную суммарную стоимость  $i$ -операций по видам ТО тракторов, проводимых в полевых условиях, к которым относятся ЕТО, ТО-1 и ТО-2. В соответствии с формулами (1), (2) и (3) удельная суммарная стоимость  $j$ -вида ТО в общем виде может быть описана следующим образом:

$$C_j = \sum_{i=1}^n C_{ij} \quad (25)$$

$$\text{или} \quad C_j = \frac{\sum_{i=1}^n З_{Hij}}{\tau_{ij}} + \frac{\sum_{i=1}^n З_{Oij}}{T_{Oij}}, \quad (26)$$

а в более общей форме:

$$C_j = \sum_{i=1}^n C_{Hij} + \sum_{i=1}^n C_{Oij}, \quad (27)$$

где  $C_j$  – удельная суммарная стоимость  $j$ -вида ТО, руб/моточ;

$\sum_{i=1}^n З_{Hij}$  – нормативные суммарные затраты труда, потери от простоев машины и затраты на ТСМ по  $i$ -операциям  $j$ -вида ТО, руб.;

$\sum_{i=1}^n З_{Oij}$  – дополнительные суммарные затраты труда, потери от простоев машины, затраты на ТСМ, затраты на утилизацию ТСМ и ветоши в связи с устранением последствий отказов, а также суммарная стоимость издержек от нарушения требований охраны окружающей среды в случае отказа при выполнении  $i$ -операций, руб.;

$\tau_{ij}$  – периодичность этой операции, соответствующая периодичности ТО, при котором она выполняется, моточ.;

$T_{COij}$  – средняя наработка на отказ при осуществлении  $i$ -операций  $j$ -вида ТО, моточ.;

$\sum_{i=1}^n C_{Hi}$  – нормативные удельные суммарные

затраты труда, потери от простоев машины и затраты на ТСМ по  $i$ -операциям  $j$ -вида ТО, руб/моточ.;

$\sum_{i=1}^n C_{Oij}$  – дополнительные удельные сум-

марные затраты труда, потери от простоев машины, затраты на ТСМ, затраты на утилизацию ТСМ и ветоши в связи с устранением последствий отказов, а также удельная суммарная стоимость издержек от нарушения требований охраны окружающей среды в случае отказа при выполнении  $i$ -операций  $j$ -вида ТО, руб/моточ.

И, наконец, ещё один показатель, который нужно выразить, – это удельная суммарная стоимость СЗО за цикл обслуживания  $C_{ЦТ2}$ , кратный ТО-2. Для этого сначала перепишем уравнение (27) с учётом видов ТО:

$$C_{EO} = C_{HEO} + C_{OEO}, \quad (28)$$

$$C_{T1} = C_{HT1} + C_{OT1}, \quad (29)$$

$$C_{T2} = C_{HT2} + C_{OT2}, \quad (30)$$

где  $C_{EO}, C_{T1}, C_{T2}$  – удельная суммарная стоимость СЗО при ЕТО, ТО-1 и ТО-2, руб/моточ.;

$C_{HEO}, C_{HT1}, C_{HT2}$  – нормативная удельная суммарная стоимость СЗО при ЕТО, ТО-1 и ТО-2 (соответствуют  $C_{Hi}$  в (1));

$C_{OEO}, C_{OT1}, C_{OT2}$  – удельная суммарная стоимость устранения последствий отказов при выполнении этих же видов ТО (также соответствуют  $C_{Oi}$  в (1)).

Затем найдём сумму (28) – (30) и получим

$$C_{ЦТ2} = C_{EO} + C_{T1} + C_{T2} \quad (31)$$

или с учётом (25)

$$C_{ЦТ2} = \sum_{i_{EO}=1}^n C_{i_{EO}} + \sum_{i_{T1}=1}^n C_{i_{T1}} + \sum_{i_{T2}=1}^n C_{i_{T2}}, \quad (32)$$

где  $C_{ЦТ2}$  – удельная суммарная стоимость СЗО за цикл обслуживания, кратный ТО-2;

$C_{i_{EO}}, C_{i_{T1}}, C_{i_{T2}}$  – удельная суммарная стоимость  $i$ -операций, входящих в ЕТО, ТО-1 и ТО-2.

Следует отметить, что при необходимости аналогично можно представить удельную суммарную стоимость СЗО и других операций за цикл обслуживания, кратный ТО-3.

Графическая иллюстрация уравнения (31) с учётом (28) – (30) представлена на рисунке 2, где серым цветом показана нормативная удельная суммарная стоимость СЗО при ЕТО, ТО-1 и ТО-2 ( $C_{HEO}, C_{HT1}, C_{HT2}$ ), белым – соответствующая им удельная суммарная стоимость устранения последствий отказов ( $C_{OEO}, C_{OT1}, C_{OT2}$ ),  $C$  – в общем виде представляют  $C_{HEO}, C_{HT1}, C_{HT2}, C_{OEO}, C_{OT1}, C_{OT2}$  и  $C_{ЦТ2}$ ,  $T$  – время.

Таким образом, в соответствии с изложенной методикой исследования получено математическое описание процесса ТО, позволяющее учесть удельную суммарную стоимость СЗО при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и за цикл ТО, кратный ТО-2, в совокупности с удельной суммарной стоимостью устранения последствий функциональных отказов. При этом в качестве основных показателей надёжности приняты средняя стоимость устранения последствий отказа и средняя наработка на отказ.

### Выводы

1. Получено математическое описание процесса ТО, позволяющее учесть удельную суммарную стоимость СЗО при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и за цикл ТО, кратный ТО-2, в совокупности с удельной суммарной стоимостью устранения последствий функциональных отказов. При этом в качестве основных показателей надёжности приняты средняя стоимость устранения последствий отказа и средняя наработка на отказ.

2. На этой основе представляется возможным разработать методику экспериментального исследования процесса ТО машин с учётом надёжности, а по результатам этого исследования обосновать рекомендации по улучшению надёжности.

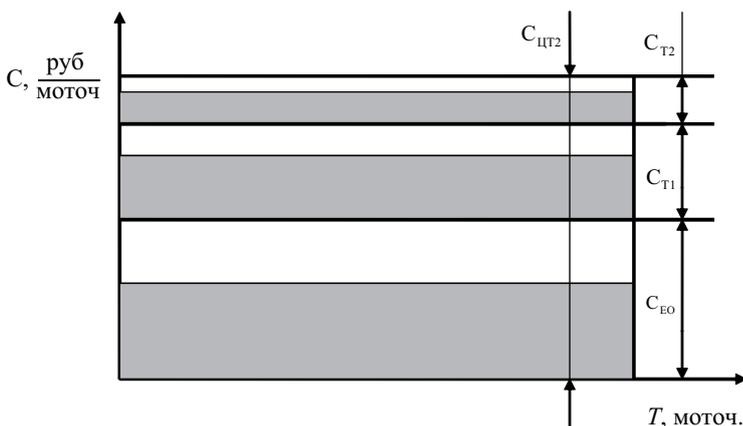


Рис. 2 – Графическая иллюстрация формирования удельной суммарной стоимости ТО машин с учётом устранения последствий отказов в процессе ТО (обозначения в тексте)

## Литература

1. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: учеб. пособие для вузов / В.И. Черноиванов [и др.]; под ред. В.И. Черноиванова. М.: ГОСНИТИ; Челябинск: ЧГАУ, 2003. 992 с.
2. Новые сливные устройства для технического обслуживания машин, методика и результаты их экспериментального исследования / В.Н. Хабардин, М.В. Чубарева, Н.О. Шелкунова [и др.] // Достижения науки и техники в АПК. 2013. № 9. С. 70–72.
3. Хабардина А.В., Хабардин В.Н., Чубарева М.В. Смазочно-заправочные операции обслуживания машин и технические средства их выполнения в полевых условиях // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. Вып. 78. С. 164–174.
4. Хабардин В.Н. Современные направления развития технического обслуживания машин // Техника в сельском хозяйстве. 2009. № 5. С. 28–30.
5. Условия труда, качество и эффективность технического обслуживания машин в поле / В.Н. Хабардин, А.В. Хабардина, Н.В. Чубарева [и др.] // Естественные и технические науки. 2016. № 2. С. 153–163.
6. Хабардин В.Н. Определение экологической безопасности применения мобильных средств технического обслуживания машин // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 3. С. 116–121.
7. Хабардин В.Н. Проблемы и концепция технического обслуживания машин в сельском хозяйстве: монография. Иркутск: Изд-во ИрГАУ, 2020. 124 с.
8. ГОСТ 27.004–1985. Надёжность в технике. Системы технологические. Термины и определения. Взамен ГОСТ 22954–78; введ. 1985-01-31. М.: <http://docs.cntd.ru/document/1200009412>.
9. ГОСТ 18322–78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. Введён 01.01.80. М.: Стандартинформ, 2007. 11 с.
10. ГОСТ 27.002–89. Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: <http://docs.cntd.ru/document/gost-27-002-89>.
11. ГОСТ 20793–2009. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. Взамен ГОСТ 20793–86; введ. 2011-05-01. М.: Стандартинформ, 2011. 19 с.
12. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба / Л.В. Вершкова [и др.]; утверждена Госкомэкологии РФ 09.03.99. М.: <http://xreferat.com/7/882-1-opredelenie-usherba-i-strahovogo...kul-tur.html>, 1999.

**Василий Николаевич Хабардин**, доктор технических наук, профессор. ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского». Россия, 664038, Иркутская область, Иркутский р-н, п. Молодёжный, rector@igsha.ru

**Татьяна Леонидовна Горбунова**, специалист по учебно-методической работе. ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского». Россия, 664038, Иркутская область, Иркутский р-н, п. Молодежный, g.tatyana68@mail.ru.

**Vasilij N. Habardin**, Doctor of Technical Science, Professor. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Molodezhniiy settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, rector@igsha.ru

**Tatyana L. Gorbunova**, specialist in educational and methodological work. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Molodezhniiy settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, g.tatyana68@mail.ru.