

**А.П. Соломкин**, д-р техн. наук, проф.

**Н.И. Мошкин**, д-р техн. наук

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ

**О.В. Мяло**, канд. техн. наук, доц.

**С.П. Прокопов**, ст. преподаватель

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, г. Омск

УДК 631.36:63

## **ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

*В статье рассмотрены основные особенности и условия формирования системы технического обслуживания машинно-тракторного парка. Предложен метод организации ТО тракторов по принципу календарного планирования, определены основные преимущества и основные показатели данного метода.*

**Ключевые слова:** техническое обслуживание, трактор, календарное планирование, загрузка, машиноиспользование, ремонт.

**A.P. Solomkin**, D. Sc. Engineering, Prof.

**N.I. Moshkin**, D. Sc. Engineering

**O.V. Myalo**, Cand. Sc. Engineering, Assoc. Prof.

**S.P. Prokopov**, senior teacher

## **FORMATION OF AGRICULTURAL MACHINE AND TRACTOR MAINTENANCE UNDER CURRENT CONDITIONS**

*The article describes the main features and conditions of the agricultural machine and tractor maintenance system. We propose a method of organizing of maintenance support for tractors on the basis of scheduling; determine the main advantages of this method and the basic parameters of the method.*

**Key words:** maintenance, tractor, scheduling, loading, machine utilization, repair.

Особенности формирования системы технического обслуживания машинно-тракторного парка (МТП) заключаются в том, что возникает необходимость учитывать современные проблемы и тенденции развития технического обслуживания машин, которые выражаются в том, что в настоящее время фактически отсутствует техническая и финансовая база формирования эффективной специализированной сервисной системы, с одной стороны, и потребитель услуг из-за недостаточной доходности сельхозпредприятий – с другой.

Мы установили, что формирование системы технического обслуживания МТП в конкретном хозяйстве зависит от следующих условий:

F – площади пашни хозяйства, га;

$K_T$  – коэффициента распашки территории;

$$K_T = \frac{F}{F_1}, \quad (1)$$

где  $F_1$  – общая площадь территории хозяйства, га;  $e$  – плотности тракторных работ, усл. эт. га/га пашни;

$$e = \frac{W_{\text{сум}}}{F}, \quad (2)$$

где  $W_{\text{сум}}$  – общая суммарная годовая наработка тракторов, усл. эт. га;  $\varepsilon$  – машиновооруженности хозяйства, кВт/100 га пашни;

$$\varepsilon = \frac{100 \sum iN_i}{F}, \quad (3)$$

где  $\sum iN_i$  – суммарная мощность используемых тракторов, кВт;  $\xi$  – неравномерности загрузки тракторов по V периодам использования;

$$\xi = \frac{W_v}{W_{\text{сум}}}, \quad (4)$$

где  $W_v$  – наработка тракторов за рассматриваемый V период;  $X_1$  – количества механизаторов на 100 га пашни;  $X_2$  – классности кадров.

Исследуя условия организации технического обслуживания МТП в различных по размерам и упомянутым характеристикам хозяйствах на многофакторных моделях, мы установили, что на выбор форм организации техобслуживания машин упомянутые выше факторы влияют следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

Значение факторов, влияющих на выбор форм организации ТО

Весомость показателя	F	$K_T$	e	$\varepsilon$	$\xi$	$X_1$	$X_2$
$П_{X_i}, \%$	39,1	5,3	2,8	9,7	7,6	7,3	25,2

Как видно, на эффективность организации технического обслуживания влияние оказывают прежде всего размеры площади пашни  $П_F=39,1\%$ , классность кадров в системе ТО  $П_{X_2}=25,2\%$ , энерговооруженность хозяйства  $П_e=9,7\%$ , обеспеченность механизаторами  $П_{X_1}=7,3\%$  и неравномерность загрузки МТП по периодам  $П_{\xi}=7,6\%$ .

Для достижения наибольшего эффекта обслуживание и ремонт машин следует проводить в ненапряженные периоды использования техники по принципу календарного планирования [1, 2]. И механизаторы с давних времен проводят ремонт тракторов в зимний период, когда техника не загружена, что осуществляется по календарному графику.

Если посмотреть на график машиноиспользования (рис. 1), то можно констатировать, что в мае, июле, сентябре, октябре выполняется до 60-80% полевых работ. В эти же напряженные периоды полевых работ, когда не хватает квалифицированных специалистов, возникают проблемы и с проведением ТО во время работы тракторов, поскольку согласно существующей системе технического обслуживания, чем больше наработка, тем больший объем работ по техобслуживанию надо выполнять. Судя по наработке, надо проводить в напряженные периоды полевых работ и основные объемы сложных ТО-2 и ТО-3, требующих больших затрат времени и средств. Это одно из главных противоречий в существующей системе ТО.

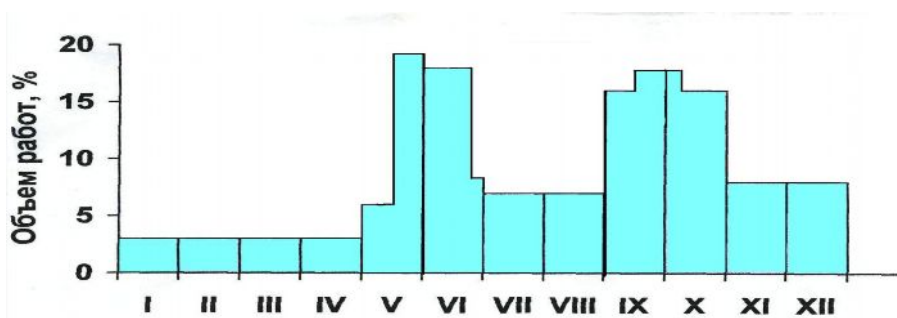


Рис. 1. График машиноиспользования

При этом трудоемкость ТО-2 находится в пределах 5,3-11,6, а трудоемкость ТО-3-17-28 чел.-ч. Возникает проблема: или работать, или проводить ТО. Мы исследовали, как влияют отдельные операции ТО на работоспособность составных частей, в частности тракторов К-700 и К-701, и установили, что имеются лимитирующие операции, которые нужно проводить точно в срок, и операции, которые без ущерба можно вынести за пределы напряженного пе-

риода полевых работ или, иначе, техническое обслуживание можно проводить перед напряженным периодом полевых работ, т.е. по принципу календарного планирования. Основные положения этого метода заключаются в следующем [3]:

1. ТО-2 усложняем, проводим в объеме ТО-3 с применением средств диагностики, в результате создаем «резерв» безотказности техники.

2. Обслуживание техники проводится в строго установленные сроки перед основными с/х работами. Они устанавливаются с учетом сложившихся агротехнических сроков выполнения этих работ в каждом конкретном хозяйстве и нормативной периодичностью выполнения операций технического обслуживания.

3. Обслуживанию подвергаются лишь те тракторы, которые до этого работали (предполагается, что с тракторами, которые не работали, уже проведено ТО).

4. Для обслуживания техники в календарные сроки формируется специальная бригада, в состав которой входят мастера-наладчики, слесарь, электрик, диагност. Численность звена зависит от объема работ.

5. С целью сокращения простоев тракторов и комбайнов и повышения качества их технического обслуживания применяют сменные комплекты фильтрующих элементов, форсунок и др., которые подготавливаются заранее на специализированных участках. Применение этих комплектов позволяет исключить при обслуживании и устранении отказов работы по очистке и мойке фильтров, ремонту и регулировке отдельных сборочных единиц трактора, повысить качество обслуживания и обеспечить надлежащий контроль качества.

Для организации ТО инженерная служба должна выполнить следующие комплексные мероприятия:

- 1) сформировать бригаду и определить ее численность;
- 2) определить место проведения ТО как в летнее, так и в зимнее время;
- 3) определить очередность поступления техники с учетом дневной производительности;
- 4) организовать участки по подготовке сменных комплектов фильтрующих элементов и запчастей;
- 5) создать необходимый запас масел;
- 6) организовать контроль качества ТО, разработать график проверки.

Календарный план-график ТО (табл. 2) составляется на основании анализа статистической информации за последние 3-4 года о количестве работающих тракторов и выполняемого ими объема работ в основные периоды сельскохозяйственных работ.

Исходя из средней численности работающих тракторов и их загрузки, определяются количество и объемы работ по техническому обслуживанию, которые необходимо выполнить перед каждым периодом сельскохозяйственных работ.

Таблица 2

Календарный план-график проведения ТО тракторов в хозяйстве

Показатели	Месяцы года											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Календарные сроки проведения ТО	-	-	1-30	1-5	-	2-7	-	-	5-10	-	1-27	-
Количество ТО: ТО-2	-	-	-	7	-	5	-	-	6	-	4	-
ТО-3	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	1	-
СТО	-	-	45	-	-	-	-	-	-	-	45	-

Число ТО ( $n_i$ ) в планируемом периоде (наработка  $Q_n$ ) определяем:

$$n_i = \frac{Q_i + Q_n}{t_i} - n_{i+1}, \quad (5)$$

где  $Q_i$  – наработка от последнего ТО  $i$ -ного вида;  $t_i$  – периодичность ТО  $i$ -ного вида;  $n_{i+1}$  – число вышестоящих по номеру ТО.

$$\begin{aligned} n_3 &= \frac{Q_3 + Q_n}{t_3}; \\ n_2 &= \frac{Q_2 + Q_n}{t_2} - n_3; \\ n_1 &= \frac{Q_1 + Q_n}{t_1} - n_3 - n_2. \end{aligned}$$

Если  $Q_i$  неизвестно, то его определяем по формуле:

$$Q_i = Q_n - \gamma \cdot t_i, \quad (6)$$

где  $Q_n$  – наработка от начала эксплуатации;

$$\gamma = \frac{Q_n}{t_i}. \quad (7)$$

Число сезонных ТО – два раза в год.

Трудоемкость технических обслуживаний  $\sum T_i$

$$\sum_j^m \sum_i^n T_{ij} = \sum_j^m n_{1j} \cdot T_{1j} + \sum_j^m n_{2i} \cdot T_{2i} + \sum_j^m n_{3i} \cdot T_{3j} + \sum_j^m n_{СТОi} \cdot T_{СТОj}. \quad (8)$$

Удельная трудоемкость технических обслуживаний

$$T_{удij} = \frac{\sum_j^m \sum_i^n T_{ij}}{W}, \text{ чел.-ч/т топлива}; \quad (9)$$

где  $W$  – объем выполняемых работ в тоннах топлива.

Численность рабочих ( $m$ ) исходя из фонда рабочего времени  $\Phi_p$ :

$$m = \frac{\sum_j^m \sum_i^n T_{ij}}{\Phi_p}. \quad (10)$$

Фонд рабочего времени:

$$\Phi_p = D_p \cdot T_p \cdot \tau, \quad (11)$$

где  $\tau$  – коэффициент использования рабочего времени, который зависит от места проведения ТО и может находиться в пределах  $\tau = 0,55-0,85$ . Большая величина, когда ТО проводится на стационаре, меньшая – в полевых условиях;  $D_p$  и  $T_p$  – количество и продолжительность рабочего дня.

Число календарных дней для технического обслуживания тракторов по каждому периоду полевых работ определяется по формуле:

$$n_d = \frac{\sum T_{ТО}}{n_M \cdot \tau_{un} \cdot T_{CM}}, \quad (12)$$

где  $T_{CM}$  – продолжительность времени смены, ч.

Обычно при определении сроков выполнения и числа исполнителей служб ТО следует исходить из складывающейся продолжительности перерывов между напряженными периодами полевых работ (см. рис. 1).

Центром базирования средств технического обслуживания может быть центральная усадьба хозяйства либо производственного подразделения. Для этого необходимо определить средний радиус территории хозяйства, а затем – экономически целесообразные расстояния транспортировки машин на обслуживание. Они будут зависеть от периода использова-

ния тракторов (стоимости часа простоя), состояния дорог (скорость движения) и др. (функционал (14) в работе [4]). Радиус обслуживаемой территории может быть принят как радиус инерции плоской фигуры относительно места базирования материально-технической базы технического обслуживания и текущего ремонта [5].

Радиус инерции  $\rho$  плоской фигуры  $S_1$  относительно полюса ( $\mu$ ):

$$\rho = \sqrt{\frac{Y_{\mu}}{S_1}}, \quad (13)$$

где  $Y_{\mu}$  – полярный момент инерции.

Все формы территории хозяйства в принципе можно свести к форме круга или эллипса. Так, для круга:

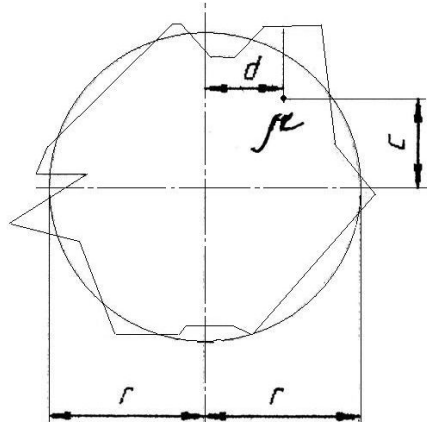


Рис. 2. Форма территории хозяйства, сведенная к форме круга

$$R = \gamma \sqrt{d^2 + c^2 + \frac{r^2}{2}}, \quad (14)$$

где  $\gamma$  – коэффициент искривленности дорог, зависящий от распашки территории хозяйства, может быть найден из эмпирической формулы:

$$\gamma = 1 + 0,53K_T^{2,3}, \quad (15)$$

где  $K_T$  – коэффициент распашки территории.

Пусть  $c$  и  $d$  равны 5 км,  $r$  равен 20 км, а  $K_T=0,5$ , тогда

$$\gamma = 1 + 0,53 \cdot 0,5^{2,3} \cong 1,13$$

и радиус территории хозяйства равен:

$$R_x = 1,13 \sqrt{25 + 25 + \frac{10^2}{2}} = 1,13 \sqrt{50 + 50} = 11,3 \text{ км.}$$

Для эллипса:

$$R_x = \gamma \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{4} + c^2 + d^2}. \quad (16)$$

Для расчета потребности в исполнителях при использовании передвижных средств в формуле (12) при определении времени смены ( $T_{см}$ ) следует учитывать возможный дневной пробег ( $L$  км) агрегата на автомобиле:

$$L_{атт} = 15,1M_{gv} + 2,3R + 3,37r - 14,5, \text{ км,}$$

где  $M_{gv}$  – количество заявок в день в  $v$ -тый период;  $R$  – расстояние от производственного подразделения (сосредоточение тракторов) до центральной усадьбы (сосредоточение средств ТО), км;  $r$  – средний радиус производственного подразделения, км.

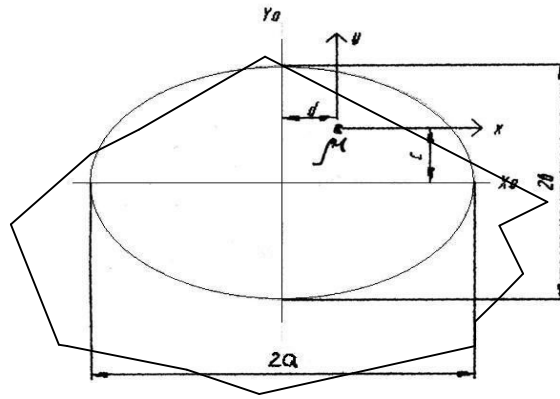


Рис. 3. Форма территории хозяйства, сведенная к форме эллипса

Если средства ТО сосредоточены на производственном подразделении, то  $R=0$ . Число исполнителей для проведения ТО-1 и устранения мелких сопутствующих отказов с помощью передвижного средства определяется также по формуле (10), где фонд рабочего времени равен:

$$\Phi_p = \left[ D_p \cdot T_p - \left( \frac{L_{aTO}}{v_a} \right) \cdot T_p \right] \cdot \tau.$$

Для определения допустимого радиуса транспортировки тракторов на ТО в функционале (14) [4] принимаем капитальные затраты на создание ремонтно-обслуживающей базы, равные нулю (нет средств и потребителя услуг), и, решая его относительно  $R$ , получим допустимые расстояния переездов тракторов на стационарный пункт (центральную усадьбу хозяйства) для проведения технического обслуживания (табл. 3).

Таблица 3

Допустимые расстояния переездов тракторов на стационарный пункт для проведения ТО

Марка трактора	Допустимое расстояние до стационарного пункта, км		
	Номер ТО		
	№1	№2	№3 и сезонное
К-700	7,5	15	60
ДТ-75	3,5	13	30
МТЗ	10	30	80

Сравнивая средний радиус территории хозяйства со значениями допустимых (см. табл. 3), принимаем решение о месте базирования служб ТО.

Проверить качество ТО и диагностирования можно по ключевым операциям, которые наиболее сильно влияют на безотказность работы трактора.

Например, по двигателю (весомость операций – 68%) – это своевременная замена масел, уровень и соответствие марок; замена фильтрующих элементов; натяжение ремней, регулировка топливного насоса и форсунок; степень зарядки аккумуляторной батареи; состояние ЦПГ.

Преимущества рассматриваемой системы технического обслуживания МТП, на наш взгляд, заключаются в следующем:

- техника в течение года подвергается наиболее полному техобслуживанию всего четыре раза и в ненапряженные периоды полевых работ, когда представляется возможным привлечь достаточное количество исполнителей с высоким уровнем квалификации на сравнительно небольшой промежуток времени, чего в другое время достичь невозможно;
- повышается качество и сокращается продолжительность выполнения работ за счет более узкой специализации исполнителей и применения сменных комплектов;
- улучшается экологичность и безопасность выполнения работ;
- возникает возможность совмещения операций ТО-1 (ввиду его сравнительно небольшой трудоемкости) с операциями по устранению последствий отказов, что в принципе ран-

ше категорически не рекомендовалось и при выполнении ТО-1, ТО-2, ТО-3 с использованием передвижного агрегата приводило к сокращению объемов профилактики за счет увеличивающегося объема по устранению отказов (табл. 4).

Таблица 4

Соотношение объемов работ, выполняемых мастером-наладчиком при использовании передвижного агрегата, %

Виды работ	Периоды работы МТП			
	посевная	обработка пара	уборка зерновых	осенне-зимний
Технические обслуживания (№ 1, 2, 3, СТО)	61,2	40,7	25,8	52
Переезды	19,5	6,4	16,1	6,0
Устранение отказов	14,4	34,3	54,7	42
Обслуживание агрегата	2,0	9,6	3,4	-
Прочие работы	2,9	9,0	-	-

Как видно, при использовании передвижного агрегата, мастер-наладчик был вынужден выполнять роль «пожарной команды», поскольку максимальное количество времени он уделяет техобслуживанию только во время посевной (61,2%, в основном это ТО-1), а минимальное – во время уборки зерновых (25,8%). Результат 61,2% во время посевной является следствием того, что тракторы были более или менее хорошо подготовлены в зимний период (подтверждается эффект календарного планирования).

Исходя из того, что ТО-2, ТО-3 и СТО, а также ремонт будут проводиться на стационаре по календарному графику, а выполнение ТО-1 и устранение отказов будет осуществлять мастер-наладчик, к передвижному агрегату следует сформулировать совершенно другие требования, чем принято сейчас.

#### Библиография

1. Соломкин А.П., Мяло О.В. Теоретическое обоснование целесообразности выноса операций технического обслуживания тракторов за пределы напряженного периода полевых работ // Омский научный вестник. – 2012. – №3 (113). – С. 75–78.
2. Какенов Н.К. Обоснование процесса технического обслуживания тракторов на основе календарного планирования и применения сменных комплектов: дис. ... канд. техн. наук / Н.К. Какенов. – М., 1991. – 254 с.
3. Технический сервис в сельском хозяйстве. – Астана, 2004. – 108 с.
4. Соломкин А.П., Мяло О.В., Прокопов С.П. Математическая модель формирования объемов работ по техническому обслуживанию и ремонту тракторов в сельскохозяйственных предприятиях и предприятиях технического сервиса // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. – 2012. – № 2 (37). – С. 58–63.
5. Соломкин А.П., Петрищев А.Н. Определение среднего радиуса ездки машин на ТО // Техника в сельском хозяйстве. – 1973. – №10. – С. 44–49.

#### Bibliography

1. Solomkin A.P., Myalo O.V. The theoretical rationale for the moving operations maintenance of tractors out of the busy period of field work // Omsk Scientific Bulletin. – 2012. – N 3 (113). – P. 75–78.
2. Kakenov N.K. Rationale to the process of tractors maintenance based on the scheduling and use of replacement kits: Diss. ... Cand. Sc. Engineering / N.K. Kakenov. – M., 1991. – 254 p.
3. Technical service in agriculture. – Astana, 2004. – 108 p.
4. Solomkin A.P., Myalo O.V., Prokopov S.P. Mathematical model of work scope formation for maintenance and repair of tractors in agricultural and technical service enterprises // ESSUTM Bulletin. – 2012. – N 2 (37). – P. 58–63.
5. Solomkin A.P., Petrishchev A.N. Determination of the mean radius of cars run for the technical attendance // Tekhnika v selskom hkozaystve. – 1973. – N 10. – P. 44–49.