

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

PROCESSES AND MACHINERY OF AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

УДК 629.3
ГРНТИ 55.43

<http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-12025>

Хабардин В.Н., д-р техн. наук

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ К ЗАДАЧЕ ВЫБОРА МЕТОДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МАШИН

© Хабардин В.Н., 2020

Резюме. В настоящее время в научно-технической литературе все больше появляется научных работ, посвященных ресурсосбережению и безопасности технического обслуживания (ТО) тракторов, комбайнов и других машин. По правилам ГОСТ 20793-2009 ТО тракторов выполняются в стационарных условиях (в мастерских, на станциях и пунктах ТО – ПТО). При этом периодические ТО-1 и ТО-2 допускается проводить на месте их работы, в поле, с использованием передвижных агрегатов ТО (АТО), что обуславливает возможность выбора методов ТО этих машин и, следовательно, необходимость разработки соответствующей методики. Безусловно, эта методика должна иметь ресурсосберегающую направленность и учитывать условия труда оператора. Поэтому данная работа посвящена решению задачи выбора методов ТО машин, в частности, разработке соответствующего математического описания. В результате ее выполнения предложено теоретическое обоснование выбора методов ТО с учетом условий труда оператора в поле. Для этого в качестве основного оценочного показателя принята удельная стоимость ТО (руб./мото-ч), а в качестве выбираемых методов ТО – централизованный, децентрализованный и комбинированный. В результате разработано математическое описание для расчета и выбора методов ТО машин, которое представляет собой линейную функцию удельной стоимости ТО. Правильность математического описания установлена по единицам измерения его слагаемых, которые совпадают с их значениями на выходе.

Ключевые слова: машина, техническое обслуживание, технические средства, оператор, условия труда, метод, выбор, определение.

UDC 629.3

<http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-12025>

V.N. Khabardin, Dr. Tech. Sci.

Re: PROBLEM OF SELECTION OF METHODS OF MACHINE MAINTENANCE: MATHEMATICAL DESCRIPTION

Abstract. Currently, the scientific and technical literature increasingly includes scientific works on resource saving and safety of maintenance (M) of tractors, combine harvesters and other machines. According to the rules of GOST 20793-2009 tractors maintenance is carried out under stationary conditions (at workshops, service stations and centers – SC). The periodic M -1 and M-2 may be performed at the place of their work in the field using mobile service units (MSU), which leads to the choice of methods of maintenance of these machines and therefore the need for relevant methodology.

Of course, this method should have a resource-saving orientation and take into account the working conditions of the operator. Therefore, this work is devoted to solving the problem of choosing the methods of machines maintenance, in particular, the development of an appropriate mathematical description. As a result of its implementation, a theoretical justification for the choice of maintenance methods is proposed, taking into account the working conditions of the operator in the field. For this purpose, the unit cost of maintenance (ruble/moto-h) is used as the main estimation indicator, and maintenance methods are selected as follows: centralized, decentralized and combined. As a result, we have developed a mathematical description for calculating and selecting the methods of machine maintenance, which is a linear function of the unit cost of maintenance. The correctness of the mathematical description is established by the units of measurement of its terms (components), which coincide with their values at the output.

Keywords: machine, maintenance, technical facilities, operator, working conditions, method, choice, determination.

Известно, что эффективность технического обслуживания в значительной степени зависит от того, насколько правильно выбран его метод практической реализации [2, 3, 4]. Выбор рационального (менее затратного) метода обычно осуществляют из трех возможных, к которым относятся методы: централизованный, децентрализованный и комбинированный. При этом принимают во внимание производственные условия использования машин в конкретном сельскохозяйственном предприятии, например: средний радиус переездов и число обслуживаемых машин, состав ремонтно-обслуживающей базы, наличие механизаторских и инженерных кадров, срочность выполнения полевых механизированных работ и другие данные. В этой связи следует отметить, что на базе этих данных еще полвека тому назад в нашей стране была разработана методика выбора методов ТО тракторов. В ее основу было положено определение оптимального радиуса обслуживания машин, в соответствии с которым и выбирался тот или иной метод ТО. Впоследствии, с появлением ЭВМ, решение задачи выбора стало возможным на основе математического программирования. Первая методика основана на решении задачи классическими методами, вторая заключается в том, что случайным образом размещается заданное количество ПТО и подсчитывается значение целевой функции. Однако до настоящего времени обе названные методики имеют, как минимум, один общий недостаток: они не учитывают условия

труда оператора по ТО в поле, что существенно влияет не только на эффективность ТО, но и на конечные показатели производства продукции. Поэтому исследования по обоснованию методики выбора методов ТО, позволяющих учесть условия труда в поле, являются актуальными. Решению этой задачи и посвящена настоящая работа.

Задача исследования – найти математическое описание для решения задачи выбора методов ТО машин, позволяющих повысить эффективность их использования в сельском хозяйстве на основе ресурсосбережения.

Объект исследования – процесс ТО машин в полевых условиях.

Методика исследования. В основу методики положено математическое моделирование процесса ТО машин. По взаимосвязи входных и выходных параметров принята многомерно-одномерная схема их взаимодействия (рис. 1). На входе – множество параметров, характеризующих эксплуатационные свойства Y выбираемого объекта (метода ТО) X и условия Z его применения, на выходе – удельная стоимость ТО C (руб./мото-ч) при реализации этого объекта. В качестве выбираемых методов обслуживания приняты: централизованный – все виды ТО проводят на центральном техническом комплексе (ЦТК), например, на пункте ТО (ПТО); децентрализованный – ТО-1 и ТО-2 – на местах работы машин (в поле), ТО-3 и СТО – на ЦТК; комбинированный – ТО-1 – в поле, а ТО-2, ТО-3 и СТО – на ЦТК. При этом в поле ТО проводят с использованием АТО.

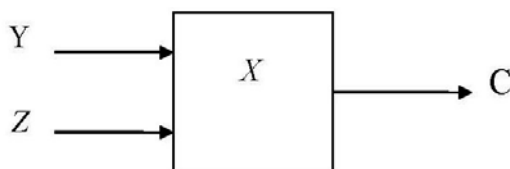


Рис.1. Блок-схема решения задачи выбора объекта:

X – объекты выбора (методы ТО); **Y, Z** – параметры, характеризующие эксплуатационные свойства объекта и условия его применения; **C** – удельная стоимость ТО

Обсуждение результатов исследования. На первом этапе была формализована задача математического описания выбора ресурсосберегающих методов ТО – процессов обслуживания машин, реализуемых на основе методов ТО, предусмотренных (допускаемых) стандартом на ТО [1] этих машин.

Задача выбора объекта. Для ее формализации (рис. 1) сначала представим объекты выбора **X**, а также параметры, характеризующие эксплуатационные свойства **Y** и условия **Z** применения объектов, и удельную стоимость **C** обслуживания множествами, которые имеют вид:

$$X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_i), \quad (1)$$

$$Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_j), \quad (2)$$

$$Z = (z_1, z_2, z_3, \dots, z_k), \quad (3)$$

$$C = (c_1, c_2, c_3, \dots, c_i) \quad (4)$$

при $c_i \in x_i$, $y_j \in x_i$, $z_k \in x_i$, где c_i , y_j , z_k принадлежат x_i , что здесь и далее обозначено символом $\in$.

Решение задачи выбора – при условии, что **C**, соответствующее *i*- объекту, в результате выбора имеет минимальное значение

$$C_i = \min. \quad (5)$$

Тогда с учетом множеств (1)-(4) и условия (5) решение поставленной задачи примет вид:

$$\begin{aligned} C_i &= f \{ Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_j), \\ Z &= (z_1, z_2, z_3, \dots, z_k), \\ X &= (x_1, x_2, x_3, \dots, x_i) \} = \min \end{aligned} \quad (6)$$

при $c_i \in x_i$, $y_j \in x_i$, $z_k \in x_i$,

где C_i – удельная стоимость ТО при реализации *i*-объекта.

Итак, решение задачи выбора сводится к тому, что из множества **X** (1) выбирают такой *i*-объект, который удовлетворял бы условию (5) при заданных множествах относящихся к нему параметров **Y** (2) и **Z** (3).

Второй этап – математическое описание объектов выбора в общем виде, а также математическое описание их элементов.

Общий вид объектов выбора выражен удельной стоимостью на ТО и представлен формулами C_1 , (6), C_2 (7) и C_3 (8) – соответственно по централизованному, децентрализованному и комбинированному методам ТО [6]:

$$C_1 = 3_{ПТО}^{T1} + 3_{ПТО}^{T2} + 3_{ФПТ}^{T1} + 3_{ФПТ}^{T2} + 3_{ТМ}^{T1} + 3_{ТМ}^{T2} + 3_{ПТ}^{T1} + 3_{ПТ}^{T2} + 3_{ПТМ}^{T1} + 3_{ПТМ}^{T2}; \quad (7)$$

$$C_2 = 3_{АТО}^{T1} + 3_{АТО}^{T2} + 3_{ФАТ}^{T1} + 3_{ФАТ}^{T2} + 3_{ТА}^{T1} + 3_{ТА}^{T2} + 3_{ПА}^{T1} + 3_{ПА}^{T2} + \Delta 3_{ТПК}^{T1} + \Delta 3_{ТПК}^{T2}; \quad (8)$$

$$C_3 = 3_{АТО}^{T1} + 3_{ПТО}^{T2} + 3_{ФАТ}^{T1} + 3_{ФПТ}^{T2} + 3_{ТА}^{T1} + 3_{ТМ}^{T2} + 3_{ПА}^{T1} + 3_{ПТ}^{T2} + 3_{ПТМ}^{T1} + \Delta 3_{ТПК}^{T2}, \quad (9)$$

где каждое слагаемое – это удельные затраты; обозначения «Т1» и «Т2» – ТО-1 и ТО-2: $3_{ПТО}^{T1}$, $3_{ПТО}^{T2}$; $3_{АТО}^{T1}$, $3_{АТО}^{T2}$ – труда в ПТО и при АТО; $3_{ФПТ}^{T1}$, $3_{ФПТ}^{T2}$; $3_{ФАТ}^{T1}$, $3_{ФАТ}^{T2}$ – на функционирование ПТО и АТО; $3_{ТМ}^{T1}$, $3_{ТМ}^{T2}$; $3_{ТА}^{T1}$, $3_{ТА}^{T2}$ – на транспортирование машин на ПТО и транспортные расходы по АТО; $3_{ПТ}^{T1}$, $3_{ПТ}^{T2}$; $3_{ПА}^{T1}$, $3_{ПА}^{T2}$ – от простоев на ПТО и при АТО; $3_{ПТМ}^{T1}$, $3_{ПТМ}^{T2}$ – от простоев при транспортировании машины к ПТО и обратно; $\Delta 3_{ТПК}^{T1}$, $\Delta 3_{ТПК}^{T2}$ – дополнительные затраты в связи с повышением затрат труда и потерь от простоев машин при их обслуживании в поле при условии соблюдения заданного уровня качества.

Далее, все элементы были подразделены на две группы – независимые и зависимые от условий труда оператора в поле. К элементам, зависимым от условий труда оператора, были отнесены $\Delta Z_{ТПК}^{T1}$ и $\Delta Z_{ТПК}^{T2}$; все другие элементы объектов (7)-(9) были приняты за независимые от условий труда.

Независимые элементы (7)-(9) были представлены математически в следующем общем виде – соответственно по ТО-1 и ТО-2 [6]:

$$Z_{ji}^{T1} = \frac{Q_{ji}^{T1}}{\tau_{T1}}, \quad (10) \quad Z_{li}^{T2} = \frac{Q_{li}^{T2}}{\tau_{T2}}, \quad (11)$$

где Z_{ji}^{T1} , Z_{li}^{T2} ; Q_{ji}^{T1} , Q_{li}^{T2} - удельная и суммарная стоимость при учете j и l-вида затрат на ТО-1 и ТО-2 по i-объекту выбора; τ_{T1} , τ_{T2} - периодичность ТО-1 и ТО-2, мото-ч.

Для краткости изложения материала приведем только один пример вычисления независимых элементов по (10) и (11) [6]:

$$Z_{ПТО}^{T1} = \frac{T_{T1} C_{ЧН}}{\tau_{T1}}, \quad (12) \quad Z_{ПТО}^{T2} = \frac{T_{T2} C_{ЧН}}{\tau_{T2}}, \quad (13)$$

где T_{T1} , T_{T2} - нормативная трудоемкость ТО-1 и ТО-2 по трактору заданной марки, чел.-ч; $C_{ЧН}$ - часовой размер оплаты труда оператора, руб./ч.

Зависимые элементы (6)-(8) – по аналогии с (10)-(11), но при этом были учтены дополнительные затраты, учитывающие повышение затрат труда, а также потерь от простоев машин на ТО в полевых условиях [6]:

$$\Delta Z_{ТПК}^{T1} = \frac{\Delta T_{T1} C_{ЧН}}{\tau_{T1}} + \frac{\Delta t_{T1} U_{П}}{\tau_{T1}}; \quad (14)$$

$$\Delta Z_{ТПК}^{T2} = \frac{\Delta T_{T2} C_{ЧН}}{\tau_{T2}} + \frac{\Delta t_{T2} U_{П}}{\tau_{T2}}, \quad (15)$$

где ΔT_{T1} , ΔT_{T2} ; Δt_{T1} , Δt_{T2} - дополнительные затраты времени и простои машины на ТО-1 и ТО-2 в полевых условиях; $U_{П}$ - часовые затраты, связанные с простоем машины на ТО, руб./ч.

Третий этап – математическое описание условий труда оператора.

Принимая во внимание, что условия труда заданы несколькими, причем незави-

симыми между собой i-факторами, получим математическое описание интегрального показателя условий труда $Y_{\phi i}$, которое может быть представлено в виде произведения этих факторов [7]:

$$Y_{\phi i} = \prod_{i=1}^n K_i \quad (16)$$

при $1 \geq K_i > 0$,

где K_i – коэффициенты, соответствующие i-факторам.

Полагая, что дополнительная трудоемкость ΔT_i увеличивается с ухудшением условий труда, в соответствии с принципом пропорциональности получим

$$\Delta T_i = T_{ni} \Delta Y_{\phi i}, \quad (17)$$

или при $\Delta Y_i = 1 - Y_{\phi i}$ уравнение (17) примет вид:

$$\Delta T_i = T_{ni} (1 - Y_{\phi i}), \quad (18)$$

при $T_{ni} > 0$, $0 < Y_{\phi i} \leq 1$,

где T_{ni} - нормативная трудоемкость i-го вида ТО машины, чел.-ч; ΔT_i - дополнительная трудоемкость ТО вследствие ухудшения условий труда, чел.-ч; $\Delta Y_{\phi i}$ - абсолютная оценка изменения условий труда; $Y_{\phi i}$ – интегральный коэффициент, учитывающий условия труда оператора.

Более сложная зависимость ΔT_i от $Y_{\phi i}$ предложена в работе [5] и имеет вид:

$$\Delta T_i = T_{ni} [(2 - Y_{\phi i}) k_1^{(1-Y_{\phi i})} - 1] \quad (19)$$

при $T_{ni} > 0$, $0 < Y_{\phi i} \leq 1$, $1 \geq k_1 \geq 0,5$,

где $k_R = k_1^{(1-Y_{\phi i})}$ - коэффициент пропорциональности; k_1 – коэффициент, соответствующий k_R .

Кроме того, если исключить из выражения (19) k_1 , то оно примет вид:

$$\Delta T_i = T_{ni} [(2 - Y_{\phi i})^{(1-Y_{\phi i})} - 1] \quad (20)$$

при $T_{ni} > 0$, $0 < Y_{\phi i} \leq 1$.

В результате функция ΔT_i от $Y_{\phi i}$ может быть представлена, по крайней мере, одним из трех уравнений – (18), (19) и (20).

Учитывая и обобщая полученные результаты математического описания элементов модели, в завершение представим

математическое описание по объектам – в соответствии с (7)-(9):

$$C_1 = \frac{T_{T1}C_{qH} + t_{T1}S_{qПТО} + t_{T1}Y_{П}}{\tau_{T1}} + \frac{T_{T2}C_{qH} + t_{T2}S_{qПТО} + t_{T2}Y_{П}}{\tau_{T2}} + \frac{2R_0}{V_T} (S_T + Y_{П}) \left(\frac{1}{\tau_{T1}} + \frac{1}{\tau_{T2}} \right), \quad (21)$$

$$C_2 = \frac{T_{T1}C_{qH} + t_{T1}S_{qАТО} + t_{T1}Y_{П}}{\tau_{T1}} + \frac{T_{T2}C_{qH} + t_{T2}S_{qАТО} + t_{T2}Y_{П}}{\tau_{T2}} + \frac{2R_0S_A}{V_A\tau_{T1}} \left(\frac{1}{\tau_{T1}} + \frac{1}{\tau_{T2}} \right) + \frac{\Delta T_{T1}C_{qH}}{\tau_{T1}} + \frac{\Delta t_{T1}Y_{П}}{\tau_{T1}} + \frac{\Delta T_{T2}C_{qH}}{\tau_{T2}} + \frac{\Delta t_{T2}Y_{П}}{\tau_{T2}}, \quad (22)$$

$$C_3 = \frac{T_{T1}C_{qH} + t_{T1}S_{qАТО} + t_{T1}Y_{П}}{\tau_{T1}} + \frac{T_{T2}C_{qH} + t_{T2}S_{qПТО} + t_{T2}Y_{П}}{\tau_{T2}} + 2R_0 \left(\frac{S_A}{V_A\tau_{T1}} + \frac{S_T}{V_T\tau_{T2}} + \frac{Y_{П}}{V_T\tau_{T2}} \right) + \frac{\Delta T_{T1}C_{qH}}{\tau_{T1}} + \frac{\Delta t_{T1}Y_{П}}{\tau_{T1}} \quad (23)$$

при $T_{T1} > 0$, $T_{T2} > 0$, $t_{T1} > 0$, $t_{T2} > 0$, $C_{qH} > 0$, $S_{qПТО} > 0$, $S_{qАТО} > 0$, $\tau_{T1} > 0$, $\tau_{T2} > 0$, $R_0 > 0$, $V_T > 0$, $S_A > 0$, $S_T > 0$, $Y_{П} > 0$; $\Delta T_{T1} > 0$; $\Delta T_{T2} > 0$; $\Delta t_{T1} > 0$; $\Delta t_{T2} > 0$,

где t_{T1} , t_{T2} – нормативная продолжительность ТО-1 и ТО-2, ч; $S_{qПТО}$, $S_{qАТО}$ – удельная стоимость использования ПТО и АТО, руб./ч; R_0 – радиус обслуживания, км; V_T , V_A – средняя транспортная скорость тракторов и АТО, км/ч; S_T , S_A – часовые эксплуатационные затраты на перегоне тракторов и АТО, руб./ч.

В завершение проанализируем полученные результаты. Для этого представим найденное математическое описание в упрощенном виде:

а) централизованный объект – по (21) –

$$C_1 = A_1 + A_{R1} R_0 \quad (24)$$

$$\text{при } A_1 = \frac{T_{T1}C_{qH} + t_{T1}S_{qПТО} + t_{T1}Y_{П}}{\tau_{T1}} + \frac{T_{T2}C_{qH} + t_{T2}S_{qПТО} + t_{T2}Y_{П}}{\tau_{T2}},$$

$$A_{R1} = \frac{2}{V_T} (S_T + Y_{П}) \left(\frac{1}{\tau_{T1}} + \frac{1}{\tau_{T2}} \right);$$

б) децентрализованный объект – по (22) –

$$C_2 = A_2 + A_{R2} R_0 + \Delta 3_{ПТК}^{T1} + \Delta 3_{ПТК}^{T2} \quad (25)$$

$$\text{при } A_2 = \frac{T_{T1}C_{qH} + t_{T1}S_{qАТО} + t_{T1}Y_{П}}{\tau_{T1}} + \frac{T_{T2}C_{qH} + t_{T2}S_{qАТО} + t_{T2}Y_{П}}{\tau_{T2}}$$

$$A_{R2} = \frac{2S_A}{V_A\tau_{T1}} \left(\frac{1}{\tau_{T1}} + \frac{1}{\tau_{T2}} \right);$$

в) комбинированный объект – по (23) –

$$C_3 = A_3 + A_{R3} R_0 + \Delta 3_{ПТК}^{T1} \quad (26)$$

$$\text{при } A_3 = \frac{T_{T1}C_{qH} + t_{T1}S_{qАТО} + t_{T1}Y_{П}}{\tau_{T1}} + \frac{T_{T2}C_{qH} + t_{T2}S_{qПТО} + t_{T2}Y_{П}}{\tau_{T2}},$$

$$A_{R3} = 2 \left(\frac{S_A}{V_A\tau_{T1}} + \frac{S_T}{V_T\tau_{T2}} + \frac{Y_{П}}{V_T\tau_{T2}} \right).$$

Полученные математические описания (24)-(26) представлены графически на рис. 2-4. Анализ этих материалов показывает следующее.

Математическое описание централизованного объекта (24) представляет собой функцию вида $y = b + kx$, где b – условно постоянная величина, включающая в себя параметр A_1 ; k – угловой коэффициент – A_{R1} ; x – аргумент (независимая переменная) – R_0 .

Описания децентрализованного (25) и комбинированного (26) объектов также могут быть представлены функцией вида $y = b + kx$, если при этом считать, что параметры $\Delta 3_{ПТК}^{T1}$ и $\Delta 3_{ПТК}^{T2}$ являются постоянными или условно постоянными величинами. При таком подходе все три рассматриваемые описания можно положить в основу решения задачи на оптимум: найти первую производную этой функции (по x) и

приравнять ее нулю – получим оптимальный радиус обслуживания R_O .

С другой стороны, описания децентрализованного (25) и комбинированного (26) объектов можно представить функцией

того же вида, но при этом считать, что параметры $\Delta Z_{ТПК}^{T1}$ и $\Delta Z_{ТПК}^{T2}$ не являются постоянными величинами, а зависят от $Y_{\phi i}$, интегрального коэффициента, учитывающего фактические условия труда оператора в поле (рис. 3, 4).

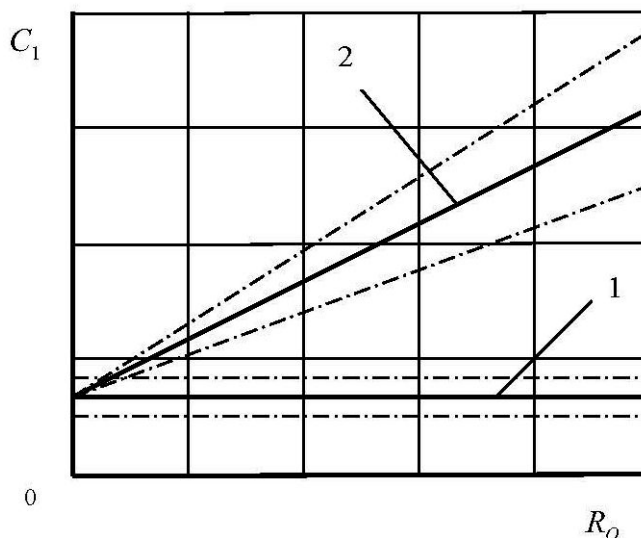


Рис. 2. Графическая иллюстрация математического описания C_1 (24) централизованного объекта: 1, 2 – линии параметров A_1 и $A_{R1} R_O$; штрих-пунктирные линии – пределы возможного варьирования этих параметров

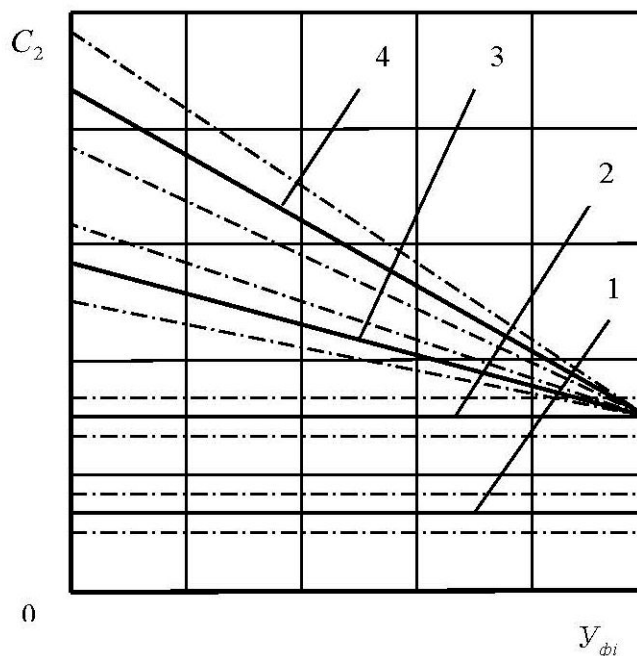


Рис.3. Графическая иллюстрация математического описания C_2 (25) децентрализованного объекта: 1, 2, 3, 4 – линии параметров модели A_2 , $A_{R2} R_O$, $\Delta Z_{ТПК}^{T1}$ и $\Delta Z_{ТПК}^{T2}$; штрих-пунктирные линии – пределы варьирования этих параметров.

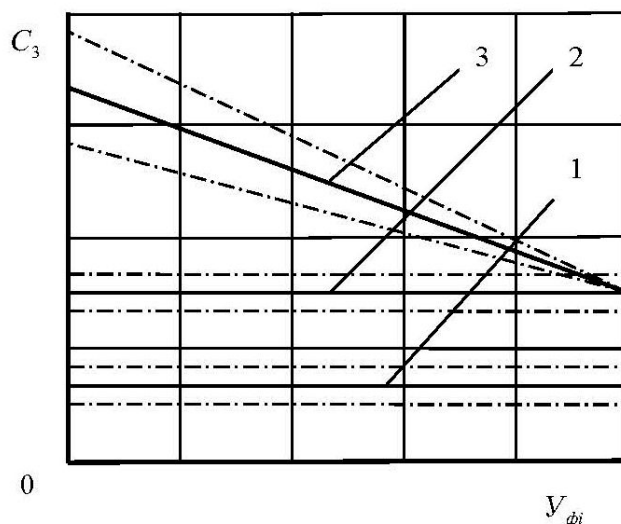


Рис. 4. Графическая иллюстрация математического описания

C_3 (26) комбинированного объекта: 1, 2, 3 – линии параметров модели A_3 , A_{R3} , R_O и $\Delta Z_{ТПК}^{T1}$; штрих-пунктирные линии – пределы варьирования этих параметров

Математическое описание комбинированного объекта (26) в целом аналогично описанию децентрализованного (25) и отличается оно от описания сопоставляемого объекта тем, что в его состав входит только один параметр $\Delta Z_{ТПК}^{T1}$, зависящий от $Y_{\phi i}$. Для сравнения: в описании по децентрализованному объекту – два таких параметра – $\Delta Z_{ТПК}^{T1}$ и $\Delta Z_{ТПК}^{T2}$.

При этом следует заметить, что математические описания по децентрализованному (25) и комбинированному (26) объектам выбора конструктивно совпадают. Поэтому внешний вид графиков на рис. 3 и 4 также совпадает с графиками на рис. 2. При этом децентрализованный объект в наибольшей степени зависит от условий труда оператора в поле $Y_{\phi i}$, комбинированный – меньше, а централизованный не зависит от этих условий вовсе. Это обусловлено тем, что при децентрализованном методе в поле проводят ТО-1 и ТО-2, при комбинированном – только по ТО-1, а при централизованном обслуживании в поле не выполняют.

Таким образом, разработано математическое описание для расчета и выбора методов ТО машин, которое представляет собой линейную функцию вида $y = b + kx$, где y – удельная стоимость ТО по одному из методов; b – условно постоянная величина; k – угловой коэффициент; x – аргумент. Правильность математического описания установлена по единицам измерения его слагаемых, которые совпадают с их значениями на выходе. Полученные результаты математического моделирования могут быть положены в основу дальнейших исследований в направлении ресурсосбережения при техническом обслуживании машин.

Выводы:

1. Предложено математическое описание к задаче выбора методов ТО машин, позволяющее учесть удельную стоимость обслуживания и условия труда оператора в поле.
2. Полученные результаты математического моделирования могут быть положены в основу экспериментальных исследований процесса ТО машин в направлении ресурсосбережения, а в конечном итоге – в методику расчета и выбора ресурсосберегающих методов обслуживания машин.

Список литературы

1. ГОСТ 20793-2009. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. – Взамен ГОСТ 20793-86; введ. 2011-05-01. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 19 с.

2. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве : учеб. пособие для вузов / В. И. Черноиванов [и др.]; под ред. В. И. Черноиванова. – Москва : ГОСНИТИ; Челябинск: ЧГАУ, 2003. – 992 с.
3. Хабардин, В.Н. Современные направления развития технического обслуживания машин / В.Н. Хабардин // Техника в сельском. хозяйстве. – 2009. – № 5. – С. 28-30.
4. Хабардин, В.Н. Условия труда, качество и эффективность технического обслуживания машин в поле / В.Н. Хабардин, А.В. Хабардина, Н.В. Чубарева, М.В. Чубарева, Т.Л. Горбунова // Естественные и технические науки. – 2016. – № 2. – С. 153–163.
5. Хабардин, В.Н. Математическое описание технического обслуживания машин с учетом условий труда в поле / В.Н. Хабардин, Г.Ф. Ханхасаев, Н.В. Чубарева, М.В. Чубарева // Научно-практический журнал «Вестник ВСГУТУ». – 2016. – № 1. – С. 21 – 25.
6. Чубарева, Н.В. Ресурсосбережение при техническом облуживании тракторов с учетом условий труда оператора в поле / Н.В. Чубарева, В.Н. Хабардин, М.В. Чубарева, А.В. Хабардина, Н.В. Степанов // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА». – 2017. – Вып. 78. – С. 159-169.
7. Чубарева, Н.В. Методика определения условий труда оператора по техническому облуживанию машин в поле / Н.В. Чубарева, М.В. Чубарева, В.Н. Хабардин // Научно-практический журнал «Дальневосточный аграрный вестник». – 2017. – № 2 (42). – С. 167-174.

Reference

1. GOST 20793-2009. Traktory i mashiny sel'skokhozyaistvennyye. Tekhnicheskoe obsluzhivanie (GOST 20793-2009. Tractors and Agricultural Machines. Maintenance), Vzamen GOST 20793-86; vved. 2011-05-01, Moskva, Standartinform, 2011, 19 p.
2. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont mashin v sel'skom khozyaistve : ucheb. posobie dlya vuzov (Machine Maintenance and Repair in Agriculture: Manual for Higher Schools), V.I. Chernoi Ivanov [i dr.], pod red. V. I. Chernoi Ivanova, Moskva, GOSNITI, Chelyabinsk, ChGAU, 2003, 992 p.
3. Khabardin, V.N. Sovremennye napravleniya razvitiya tekhnicheskogo obsluzhivaniya mashin (Modern Trends in the Development of Machine Maintenance), *Tekhnika v sel'skom. khozyaistve*, 2009, No 5, PP. 28-30.
4. Khabardin, V.N., Khabardina, A.V., Chubareva, N.V., Chubareva, M.V., Gorbunova, T.L. Usloviya truda, kachestvo i effektivnost' tekhnicheskogo obsluzhivaniya mashin v pole (Working conditions, Quality and Efficiency of Machine Maintenance in the Field), *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2016, No 2, PP. 153–163.
5. Khabardin, V.N., Khankhasaev, G.F., Chubareva, N.V., Chubareva, M.V. Matematicheskoe opisanie tekhnicheskogo obsluzhivaniya mashin s uchetom uslovii truda v pole (Mathematical Description of Machine Maintenance Taking into Account Working Conditions in the Field), *Nauchno-prakticheskii zhurnal «Vestnik VSGUTU»*, 2016, No 1, PP. 21 - 25.
6. Chubareva, N.V., Khabardin, V.N., Chubareva, M.V., Khabardina, A.V., Stepanov, N.V. Resursosberezhenie pri tekhnicheskoi obluzhivani traktorov s uchetom uslovii truda operatora v pole (Resource Saving during Maintenance of Tractors Taking into Account Working Conditions of Operator in the Field), *Nauchno-prakticheskii zhurnal «Vestnik IrGSKhA»*, 2017, Vyp. 78, PP. 159-169.
7. Chubareva, N.V., Chubareva, M.V., Khabardin, V.N. Metodika opredeleniya uslovii truda operatora po tekhnicheskoi obluzhivaniyu mashin v pole (Method of Determination of the Working Conditions of the Operator that Carries out Machines Maintenance in the Field), *Nauchno-prakticheskii zhurnal «Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik»*, 2017, No 2 (42), PP. 167-174.

Информация об авторе

Хабардин Василий Николаевич, д-р техн. наук, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения инженерного факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского; п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская обл., Россия; e-mail: rector@igsha.ru.

Information about the author

Vasilij N. Habardin, Dr Tech. Sci., Professor of chair of operation of machine and tractor park and health and safety of engineering faculty. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky; Molodezhnyi settlement, Irkutsk, Irkutsk region, Russia; e-mail: rector@igsha.ru.