

УДК 631.372:629.114.2

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТРАКТОРОВ В АГРАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПУТЕМ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ВАРИАНТА РЕМОНТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Галиев И.Г. профессор, Яхин С.М. доцент, Хусаинов Р.К. аспирант
(Казанский государственный аграрный университет, Россия)

Выбор варианта ремонтных воздействий осуществляется с условием обеспечения минимума затрат на восстановление работоспособности до очередного технического обслуживания №3. Возможны следующие варианты ремонта: устранение последствий отказа техники по потребности; предупредительная замена агрегата при проведении технического обслуживания №3 и восстановление обменного агрегата. Критерием оптимальности выбора варианта являются удельные затраты на ремонт с учетом потерь продукции вследствие простоя по техническим причинам.

В процессе ресурсного диагностирования тракторов при ТО-3 прогнозируются средние остаточные ресурсы их основных узлов и агрегатов. На основании первичных данных определяется уровень работоспособности трактора и сравнивается с требуемым его значением [1]. Если фактическое значение меньше требуемой, то для выполнения работ безотказно, необходимо провести мероприятия по обеспечению условия выполнения с/х операции. Один из основных методов повышения уровня работоспособности- это проведение ремонтно- обслуживающих воздействий по отношению к объекту. Выбор варианта ремонтных воздействий осуществляется с условием обеспечения минимума затрат на восстановление работоспособности до очередного ТО-3.

Возможны следующие варианты ремонта: устранение последствий отказа техники по потребности; предупредительная замена агрегата при ТО-3 и восстановление обменного агрегата.

Критерием оптимальности выбора варианта являются удельные затраты на ремонт с учетом потерь продукции вследствие простоя по техническим причинам.

Целесообразность предупредительной замены j-го агрегата i-ой системы проверяется в том случае, когда величина его уровня работоспособности менее значения обеспечивающего выполнение работ в течении 1000 м.ч.

В первом варианте затраты C_{1j} , связанные с эксплуатацией j -го агрегата до отказа, определяются по формуле:

$$C_{1j}=C_{1oj}+C_{1пj}+C_{1aj}, \quad (1)$$

где C_{1oj} - затраты на устранение последствий нересурсных отказов j -го агрегата в эксплуатации, р; $C_{1пj}$ - потери продукции вследствие простоев трактора, связанных с отказами j -го агрегата, р; C_{1aj} - затраты, связанные с заменой j -го агрегата в эксплуатации, р.

Во втором варианте затраты C_{2j} , связанные с заменой j -го агрегата, определяются как

$$C_{2j} = C_{2oj} + C_{2пj} + C_{2aj}, \quad (2)$$

где C_{2oj} - затраты на устранение последствий нересурсных отказов обменного j -го агрегата, р;

$C_{2пj}$ - потери продукции вследствие простоев трактора, связанные с отказами обменного j -го агрегата, р;

C_{2aj} - затраты, связанные с предупредительной заменой j -го агрегата, р.

В том случае, когда $(C_{1j} - C_{2j}) < 0$, принимается первый вариант – использование j -го агрегата до ресурсного отказа. Если $((C_{1j} - C_{2j}) > 0$, то используется второй вариант – предупредительная замена j -го агрегата при ТО-3.

С учетом (1), (2) можно записать:

$$C_{1j} - C_{2j} = (C_{1oj} - C_{2oj}) + (C_{1пj} - C_{2пj}) + (C_{1aj} - C_{2aj}), \quad (3)$$

Затраты C_{1oj} определяются по формуле:

$$C_{1oj} = \sum_{g=1}^3 \overline{C_{og}} (m_{c_{jg}} + m_{эc_{jg}}^0), \quad (4)$$

где $m_{c_{jg}}$ - количество отказов g -ой группы сложности c -ой системы, в которую входит j -ый агрегат с уровнем работоспособности h_{cj} ; $m_{эc_{jg}}^0$ - количество отказов g -ой группы сложности c -ой системы с момента замены j -го агрегата в процессе эксплуатации до ТО-3; C_{og} - средние затраты на устранение последствий отказа g -ой группы сложности, р.

Затраты C_{2aj} определяются по формуле:

$$C_{2aj} = \sum_{g=1}^3 C_{og} m_{c_{jg}}^0, \quad (5)$$

где $m_{c_{jg}}^0$ - количество отказов g -ой группы сложности c -ой системы в случае замены j -го агрегата на капитально отремонтированный при ТО-3.

Следовательно, с учетом (4), (5) разность затрат на устранение последствий отказов имеет вид:

$$C_{1oj} - C_{2oj} = \sum_{g=1}^3 C_{og} (m_{c_{jg}} + m_{эc_{jg}}^0 - m_{c_{jg}}^0), \quad (6)$$

Для определения величин $m_{c_{jg}}$, $m_{эc_{jg}}^0$, $m_{c_{jg}}^0$ используется функция зависимости $m_{gc} = f(Y_{pc})$. Величина $(m_{c_{jg}} + m_{эc_{jg}}^0 - m_{c_{jg}}^0)$ показывает, как изменится количество отказов с-ой системы, в которую входит j-ый агрегат с уровнем работоспособности h_{cj} при замене его на капитально отремонтированный с уровнем работоспособности h_{cj}^0 при фиксированном значении уровней работоспособности остальных агрегатов.

Анализ возможных видов зависимостей для определения количества отказов системы агрегатов рассмотренной [1] показал, что приращение количества отказов системы за счет изменения уровня технической эксплуатации а значит и уровня работоспособности одного из агрегатов на определенную величину является постоянным с погрешностью 5% независимо от фиксированной величины уровня работоспособности остальных агрегатов. Фиксируем значения уровня работоспособности агрегатов:

$$h_{c1} = h_{c2} = \dots = h_{c(j-1)} = h_{c(j+1)} = \dots = h_{cn}, \quad (7)$$

Допустим зависимость количества отказов от уровня работоспособности имеет вид $m = a Y^b$, тогда количество отказов g-ой группы сложности с-ой системы, в которую входит j-ый агрегат с уровнем работоспособности h_{cj}^0 определяется по формуле:

$$m_{cig} = a_{gco} \left(\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^m h_{ci} B_i + h_{cj} B_j \right)^{B_{gcj}} \quad (8)$$

Количество отказов g-ой группы сложности с-ой системы с момента замены j-го агрегата с уровнем работоспособности h_{cj} в процессе эксплуатации на капитально отремонтированный с уровнем работоспособности h_{cj}^0 до очередного ТО-3 определяется по формуле:

$$m_{cig} = a_{gco} \left(\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^m h_{ci} B_{ci} - h_{cj} B_{cj} + h_{cj}^0 B_{cj} \right)^{B_{gcj}} \quad (9)$$

Количество отказов с-ой системы, j-ой агрегат которой заменен попутно при ТО-3 по результатам ресурсного диагностирования определяется по формуле:

$$m_{cij} = a_{gco} \left(\sum_{i=1}^m h_{ci} B_{ci} + h_{cj}^0 B_{cj} \right)^{B_{gci}} \quad (10)$$

Потери продукции вследствие простоев трактора из-за отказов j -го агрегата, замененного в процессе эксплуатации, равны

$$C_{1nj} = C_4 \sum_{g=1}^3 \overline{t_{og}} (m_{cij} + m_{ojg}^0), \quad (11)$$

где C_4 - среднегодовые потери продукции вследствие часа простоя трактора по техническим причинам, р/ч.

Потери продукции при втором варианте замены агрегата при ТО-3 равны

$$C_{2nj} = C_4 \sum_{g=1}^3 \overline{t_{og}} m_{cij}^0. \quad (12)$$

Затраты, связанные с заменой j -го агрегата в процессе эксплуатации, определяются как

$$C_{1aj} = \frac{C_{aj}}{T(h_{cj}^0)} (1000 - T(h_{cj})) + C_{10j}, \quad (13)$$

где C_{1aj} - преискуртантная стоимость ремонта j -го агрегата, р;
 C_{10j} - затраты на демонтаж-монтаж, доставку j -го агрегата, р

Затраты, связанные с заменой j -го агрегата при ТО-3, равны

$$C_{2aj} = \frac{C_{aj}}{T(h_{cj}^0)} 1000 + C_{20j}, \quad (14)$$

где C_{20j} - затраты на демонтаж-монтаж j -го агрегата, р.
 Введем обозначение:

$$f_{cg}(h_{cj}) = m_{cij} + m_{ocjg}^0 - m_{cjpg}^0. \quad (15)$$

Выражение (15) является нелинейным относительно h_{cj} . Известно, что любая дифференцируемая функция в достаточно узких пределах изменения аргументов может быть приближенно заменена линейной. Для этого функция (3.45) разлагается в ряд Тейлора в окрестности точки А с координатами $h_{ci}=0,3$

($i \neq j$); $h_{ci} = 0,15$ и сохраняются только члены первого порядка. Выбор точки А определен тем, что необходимость в решении вопроса целесообразности замены агрегата возникает в том случае, когда уровень работоспособности агрегата меньше, чем необходима для эксплуатации до очередного ТО-3, которая равна 1000 моточасам.

Следовательно, можно записать:

$$f_{cg}(h_{cj}) = f_{cg}(A) + \left. \frac{\partial f_{cg}}{\partial h_{cj}} \right|_A \cdot (h_{cj} - 0,15), \quad (16)$$

Обозначая коэффициенты разложения функции (15) в ряд Тейлора

$$d_{c j g} = f_{cg}(A); \quad d_{c j g 2} = \left. \frac{\partial f_{cg}}{\partial h_{cj}} \right|_A, \quad (17)$$

получим

$$f_{cg}(h_{cj}) = d_{c j g 1} + d_{c j g 2} (h_{cj} - 0,15), \quad (18)$$

или

$$f_{cg}(h_{cj}) = d_{c j g 1} + d_{c j g 2} h_{cj}, \quad (19)$$

где $d_{c j g 1} = d_{c j g} - 0,15 d_{c j g 2}$

Подставляя формулы (4)...(9) в (3), получим:

$$C_{1j} - C_{2j} = \sum_{g=1}^3 \overline{C_{og}} (d_{c j g 1} + d_{c j g 2} h_{cj}) + C_4 \sum_{g=1}^3 \overline{t_{og}} (d_{c j g 1} + d_{c j g 2} h_{cj}) - \frac{C_{aj}}{T(h_{cj}^0)} h_{cj}, \quad (20)$$

При фиксированных значениях часовых потерь продукции C_4 и межремонтной наработке j -го агрегата $T(h_{cj}^0)$ необходимо определить значение h_{pj}^* , при котором $C_{1j} - C_{2j} = 0$. Тогда при величине уровня работоспособности j -го агрегата, меньшей h_{cj}^* , будет целесообразна замена этого агрегата на капитально отремонтированный. Решая уравнение $C_{1j} - C_{2j} = 0$ относительно h_{cj}^* , получим:

$$h_{cj}^* = \frac{\sum_{g=1}^3 \overline{C_{og}} d_{c j g 1} + C_4 \sum_{g=1}^3 \overline{t_{og}} d_{c j g 1}}{\frac{C_{aj}}{T(h_{cj}^0)} - \sum_{g=1}^3 \overline{C_{og}} d_{c j g 2} - C_4 \sum_{g=1}^3 \overline{t_{og}} d_{c j g 2}}. \quad (21)$$

Удельные среднегодовые потери продукции из-за простоя трактора характеризуют структуру посевных площадей, номенклатуру работ, выполняемых тракторами данной марки, сроки выполнения работ в хозяйстве. Рассчитываются затраты C_4 по формуле [2]:

$$C_4 = \sum_{p=1}^P C_{4p} D_p, \quad (22)$$

где C_{4p} - потери от простоя на p -ом виде работ, р/ч;
 D_p - доля работы p -го вида в общем объеме работ трактора за год.

В том случае, когда наработка трактора к моменту проведения очередного ТО-3 достигает 3000 моточасов и ресурс некоторых агрегатов менее 1000 моточасов, наряду с описанными двумя рассматривается третий вариант ремонтных воздействий – капитальный ремонт трактора. Затраты C_3 , связанные с капитальным ремонтом трактора, оцениваются по формуле:

$$C_3 = \sum_{g=1}^3 \overline{C_{og}} \sum_{c=1}^E m_{cg}^0 + C_4 \sum_{g=1}^3 \overline{t_{og}} \sum_{c=1}^E m_{cg}^0 + \frac{C_{кр}}{T_m} 1000, \quad (23)$$

где m_{cg}^0 - количество отказов g -ой группы сложности c -ой системы, агрегаты которой имеют средний послеремонтный ресурс, определяется по формуле $m_{gc} = f(Y_{pc})$.

Затраты на текущий ремонт трактора в течении наработки между очередными ТО-3 определяются по формуле:

$$C = \sum_{g=1}^3 \overline{C_{og}} \sum_{c=1}^C m_{cg} + C_4 \sum_{g=1}^3 \overline{t_{og}} \sum_{c=1}^C m_{cg} + \sum_{j \in G} C_{2aj}, \quad (24)$$

где j - номер агрегата, заменяемого предупредительно при ТО-3;
 G - совокупность агрегатов, заменяемых предупредительно.

Целесообразность предупредительной замены при ТО-3 агрегатов, имеющих уровни работоспособности, менее необходимых значений до 1000 моточасов, проверяется сравнением затрат (1), (2).

Количество отказов g -ой группы сложности c -ой системы определяется с учетом замены j -го агрегата по формуле:

$$m_{cig} = a_{gco} \left(\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^m h_{ci} d_i + h_{cj}^0 d_j \right)^{B_{gscj}} \quad (25)$$

Если затраты на текущий ремонт трактора С в году в течении наработки до очередного ТО-3 больше, чем затраты на капитальный ремонт С₃, то целесообразен капитальный ремонт машины, в противном случае производится текущий ремонт.

Список литературы:

1. Галиев И.Г. Повышение эффективности использования тракторов с учетом условий их функционирования. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2002.- 204 с.
2. Барам Х.Г. Методика определения величины потерь за час простоя мобильной сельскохозяйственной техники в полеводстве. – М.: ГОСНИТИ, 1976. – 40 с.

Abstract

Ensuring operability of tractors in agrarian production by justification of a choice of option of repair influences

Galiyev I.G., Yakhin S. M., Khusainov R. K.

The choice of option of repair influences is carried out with a condition of providing a minimum of expenses for working capacity restoration before the next maintenance No. 3. The following options of repair are possible: elimination of consequences of refusal of equipment on requirement; precautionary replacement of the unit at carrying out maintenance No. 3 and restoration of the exchange unit. Criterion of an optimality of a choice of option are specific costs of repair taking into account production losses owing to idle time for technical reasons.

Анотація

Забезпечення працездатності тракторів в аграрному виробництві шляхом обґрунтування вибору варіанту ремонтних дій

Галієв І.Г., Яхин С.М., Хусайнов Р.К.

Вибір варіанту ремонтних дій здійснюється з умовою забезпечення мінімуму витрат на відновлення працездатності до чергового технічного обслуговування №3. Можливі наступні варіанти ремонту: усунення наслідків відмови техніки по потребі; попереджувальна заміна агрегату при проведенні технічного обслуговування №3 і відновлення обмінного агрегату. Критерієм оптимальності вибору варіанту є питомі витрати на ремонт з врахуванням втрат продукції унаслідок простою по технічних причинах.