

УДК 631.372:629.3.083

К ВОПРОСУ О ЦЕЛЯХ, ДОСТИГАЕМЫХ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

¹Редреев Г.В., ²Окунев Г.А.

¹ФГБОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Омск, e-mail: adm@omgau.ru;

²ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия», Челябинск, e-mail: mail@csaa.ru

Работоспособность машинно-тракторных агрегатов (МТА) обеспечивается целенаправленной деятельностью исполнителей технического обслуживания (ТО) и ремонта (Р). При этом при обеспечении работоспособности МТА могут достигаться совершенно различные цели. Для дальнейшего развития теоретических представлений, в рамках сформированной нами концепции, основанной на базисных понятиях «исполнители ТО и Р», «технологии ТО и Р», «процессы в технических системах (ТС)», «цели», проанализировано базисное понятие «цели». Выделено четыре вида отношений: иерархии, ориентирования, привлечения, непротиворечивости. Исполнители ТО, использующие различные технологии ТО и Р, могут с некоторой вероятностью обеспечить работоспособность МТА, выполняющих различные объемы работ, соответствующие различным целям: выполнение полевой операции, цикла полевых работ, сезона полевых работ, комплекса полевых работ в севообороте, обеспечение функционирования машин МТА в течение срока их службы. Рассмотрение вместо вероятности значений функции принадлежности на основе теории нечетких множеств позволяет на основе минимизации функции суммарных затрат и убытков установить оптимальное количество и требуемую квалификацию исполнителей, а также вид используемых технологий ТО и Р.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, концепция деятельности, базисные понятия, теория нечетких множеств, полевые работы, функция затрат и убытков

ON THE QUESTION OF PURPOSE, ACHIEVED WHILE ENSURING EFFICIENCY OF MACHINE-TRACTOR UNITS

¹Redreev G.V., ²Okunev G.A.

¹VPO «Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin», Omsk, e-mail: adm@omgau.ru;

²VPO «Chelyabinsk State Academy of Agricultural Engineering», Chelyabinsk, e-mail: mail@csaa.ru

The efficiency of the machine and tractor units (MTU) provided purposeful activity performers maintenance (M) and repair (R). At the same time, while ensuring efficiency of MTU can be achieved entirely different purpose. For the further development of theoretical ideas, formed in the framework of our concept, based on the basic concepts of «the performers M and R», «M and R technology», «processes in technical systems (TS)», «goal», analyzed the basic concept of «goal». It identifies four types of relations: hierarchy, orientation, involvement, consistency. The performers M and R, using different technology M and R may have a chance to ensure the health of the MTU, performing different amounts of work, corresponding to the different goals: the implementation of field operations, field work cycle, the season of field work, field work complex in the rotation, maintenance of the machines in the MTU during their term of service. Consideration instead of the probability values of the membership function based on fuzzy sets theory allows on the basis of minimizing the function of total expenses and losses of the optimal number and the required qualifications of performers, as well as the kind of technology used M and R.

Keywords: machine-tractor units, the concept of operations, the basic concepts, the theory of fuzzy sets, field work, the function of expenses and losses

При обеспечении работоспособности машинно-тракторного агрегата (МТА) могут достигаться совершенно различные цели, определяемые типом и составом агрегата, планом производства работ в полеводстве на текущий год, организационной принадлежностью исполнителей ТО и ремонта и т.д.

Ближайшая оперативная цель – обеспечить безотказность МТА при выполнении текущей полевой операции по возделыванию сельскохозяйственной культуры. Стратегическая цель – обеспечить работу МТА в течение нормативного срока службы машин агрегата.

Графически цели можно представить следующим образом (рис. 1).



Рис. 1. Цели ТО и ремонта

Выбор цели может существенно повлиять на применяемые технологии ТО и ремонта и, соответственно, на количественный и квалификационный состав группы исполнителей ТО и ремонта.

Формирование концепции [3, 4] организации процесса ТО и ремонта МТА, начатое с определения базисных понятий, описано нами в опубликованных ранее статьях [1, 2, 5].

Целью исследования является определение потребности в исполнителях ТО и Р, их квалификации и технологий ТО и Р в зависимости от цели функционирования МТА. Рассмотрим подробнее отношения, возникающие на базисном понятии «цели ТО и ремонта».

1. Отношения «иерархии».

Это отношения между целями. Цели обычно имеют разную степень важности и поэтому, как правило, иерархически вы-

строены. При смене критерия важности иерархия может коренным образом измениться.

2. Отношения «ориентирования».

Это отношения между понятиями «цели» и «технологии ТО и Р». Достижимая цель ориентирует применяемые технологии ТО и ремонта.

3. Отношения «привлечения».

Это отношения между понятиями «цели» и «исполнители ТО и Р». Исполнители ТО и ремонта привлечены к достижению какой-либо цели.

4. Отношения «непротиворечивости».

Это отношения между понятиями «цели» и «процессы в ТС». Как правило, при использовании МТА по назначению происходит ухудшение технического состояния входящих в состав агрегата машин.

Графическое представление отношений отражено на рис. 2.

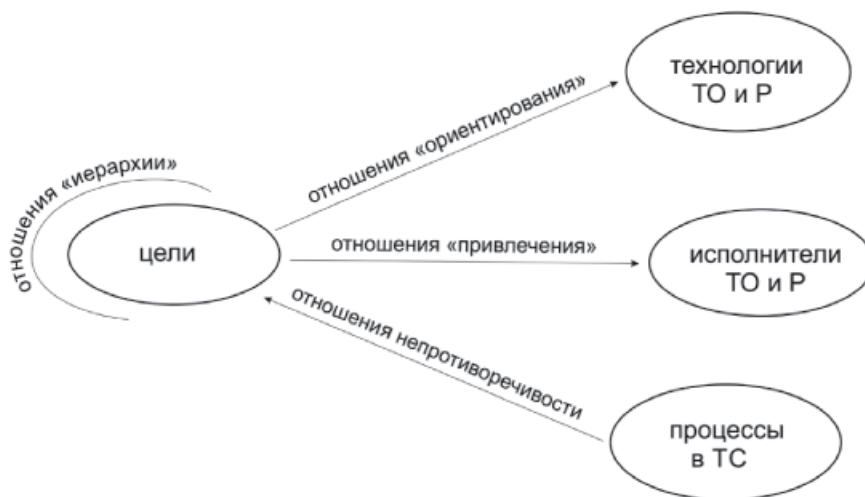


Рис. 2. Отношения на базисном понятии «цели»

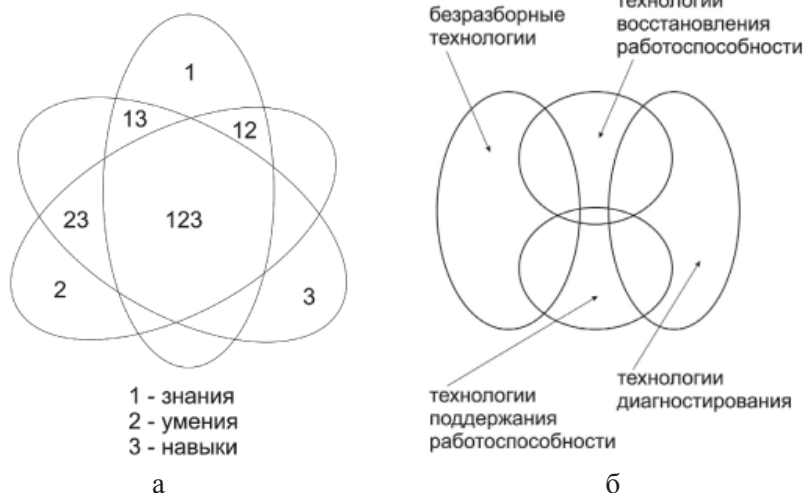


Рис. 3. Компетенции исполнителей ТО и Р [1] и технологии ТО и Р [2]

Материалы и методы исследования

Для эффективной реализации планируемой цели деятельности необходимо определенное соответствие между элементами, составляющими объемы множеств, образующихся на базовых понятиях.

Множество элементов на базисных понятиях «исполнители ТО и Р» и «технологии ТО и Р» были представлены нами ранее (рис. 3).

Обозначив технологии ТО и Р следующим образом:

А – технологии поддержания работоспособности,

Б – технологии восстановления работоспособности,

В – технологии диагностирования,

Г – безразборные технологии (восстановления и поддержания работоспособности),

– получим следующие варианты комбинаций этих технологий (аналогично схеме (а) на рис. 3): А, Б, В, Г, АВ, АБ, АВ, АГ, БВ, БГ, АБВ, АБГ.

Соответствие между элементами, составляющими объемы множеств, образующихся на базисных понятиях «исполнители ТО и ремонта» (выраженными через знания, умения и навыки) и «технологии ТО и ремонта», можно представить в виде следующей матрицы.

Каждый элемент матрицы x_{ij} соответствует реализации определенной технологии ТО и ремонта исполнителем определенной квалификации, при этом с определенной степенью достоверности, определяемой значением функции принадлежности, может быть достигнута одна из целей деятельности (рис. 1): 1 – оперативная; 2 – краткосрочная; 3 – среднесрочная; 4 – долгосрочная; 5 – стратегическая.

Это может быть представлено в виде трехмерной матрицы, элементами которой являются значения функции принадлежности (рис. 4).

Матрица соответствия элементов множеств

		А	Б	В	Г	АБ	АВ	АГ	БВ	БГ	АБВ	АБГ
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	$x_{1,3}$	$x_{1,4}$	$x_{1,5}$	$x_{1,6}$	$x_{1,7}$	$x_{1,8}$	$x_{1,9}$	$x_{1,10}$	$x_{1,11}$
2	2	$x_{2,1}$	$x_{2,2}$	$x_{2,3}$	$x_{2,4}$	$x_{2,5}$	$x_{2,6}$	$x_{2,7}$	$x_{2,8}$	$x_{2,9}$	$x_{2,10}$	$x_{2,11}$
3	3	$x_{3,1}$	$x_{3,2}$	$x_{3,3}$	$x_{3,4}$	$x_{3,5}$	$x_{3,6}$	$x_{3,7}$	$x_{3,8}$	$x_{3,9}$	$x_{3,10}$	$x_{3,11}$
12	4	$x_{4,1}$	$x_{4,2}$	$x_{4,3}$	$x_{4,4}$	$x_{4,5}$	$x_{4,6}$	$x_{4,7}$	$x_{4,8}$	$x_{4,9}$	$x_{4,10}$	$x_{4,11}$
13	5	$x_{5,1}$	$x_{5,2}$	$x_{5,3}$	$x_{5,4}$	$x_{5,5}$	$x_{5,6}$	$x_{5,7}$	$x_{5,8}$	$x_{5,9}$	$x_{5,10}$	$x_{5,11}$
23	6	$x_{6,1}$	$x_{6,2}$	$x_{6,3}$	$x_{6,4}$	$x_{6,5}$	$x_{6,6}$	$x_{6,7}$	$x_{6,8}$	$x_{6,9}$	$x_{6,10}$	$x_{6,11}$
123	7	$x_{7,1}$	$x_{7,2}$	$x_{7,3}$	$x_{7,4}$	$x_{7,5}$	$x_{7,6}$	$x_{7,7}$	$x_{7,8}$	$x_{7,9}$	$x_{7,10}$	$x_{7,11}$

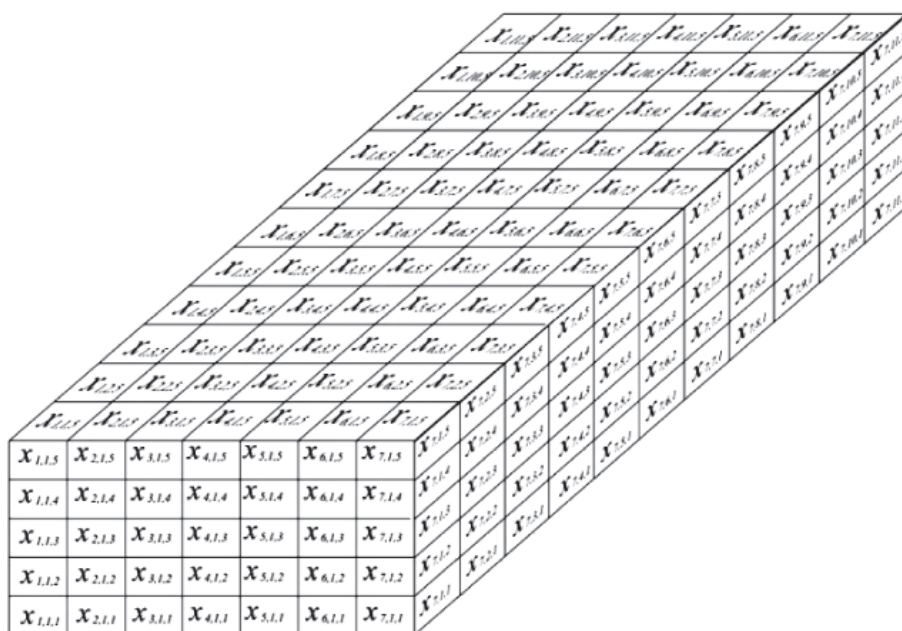


Рис. 4. Матрица значений функции принадлежности

Результаты исследования и их обсуждение

Целью деятельности исполнителей ТО и ремонта является обеспечение работоспособности МТА в течение определенного времени работы или выполнение определенного объема работ.

Можно выделить следующие периоды работы МТА:

- полевая операция;
- цикл полевых работ (весенний, летний, осенний);
- сезон полевых работ;
- комплекс полевых работ в севообороте подразделения сельскохозяйственного предприятия;
- срок службы машин МТА, выраженный в годах или сезонах полевых работ.

Каждому периоду можно сопоставить определенное время работы МТА, в часах: T_{Π} , $T_{Ц}$, $T_{СЭЗ}$, $T_{СЭВ}$, $T_{СЛ}$. Таким образом, целью может являться обеспечение безотказности за время работы T , при этом

$$T_{\Pi} \leq T \leq T_{СЛ} \quad (1)$$

Оперативным сроком работы (рис. 1) будет являться длительность полевой операции T_{Π} . Среднесрочный период – продолжительность сезона полевых работ $T_{СЭЗ}$. Стратегическим периодом в таком случае будет являться срок службы машин, составляющих МТА, $T_{СЛ}$. В долгосрочной перспективе необходимо использовать сезонные перерывы в работе МТА для применения отдельных технологий восстановления работоспособности машин.

Отдельный интерес представляет обеспечение работоспособности трактора в течение сезона полевых работ при неоднократном изменении состава МТА, когда изменяются режимы использования и нагрузки на трактор.

Технико-экономическое обоснование производства работ по ТО и ремонту МТА для различных целей деятельности состоит в оптимизации затрат на ТО и ремонт с учетом возможных потерь урожая от простоя МТА на обслуживании и ремонте.

Ранее нами была решена задача обеспечения работоспособности тракторов во время выполнения полевой операции [6]. Выражение для определения суммарных затрат и убытков при реализации процесса ТО имеет следующий общий вид:

$$C_{\text{сум}} = D \cdot \left[\frac{t}{\Pi} \cdot \left(K_1 + K_2 + \frac{K_3 \cdot D \cdot K_{CS} \cdot t}{\Pi} + \frac{K_4}{t} \right) + K_5 \cdot (K_6 + K_7 + K_3 \cdot K_5 \cdot D \cdot K_{CS}) \right], \quad (2)$$

где D – продолжительность полевой операции; t – продолжительность ТО; Π – периодичность ТО; K_{CS} – обобщенный коэффициент удельных убытков урожая; K_1 – коэффициент учета затрат на ТО; K_2 – коэффициент учета эксплуатационных издержек от простоя трактора на ТО; K_3 – коэффициент учета производительности трактора; K_4 – коэффициент учета транспортных издержек на мобильные средства ТО; $K_5 = \varphi(t, \Pi)$ – коэффициент учета простоев на устранение отказов; $K_6 = \omega(t, \Pi)$ – коэффициент учета затрат на устранение отказов; K_7 – коэффициент учета эксплуатационных издержек от простоя трактора на устранении отказов.

Приведенная зависимость может быть использована для определения суммарных затрат и убытков для МТА в целом. Для этого необходимо внести изменения, учитывающие сложность состава агрегата и соответствие квалификации исполнителей ТО и применяемых ими технологий ТО цели ТО, выраженное значениями функции принадлежности (таблица):

$$K_5 = \frac{\sum_k \varphi_k(t, \Pi)}{a \cdot \sum_{i,j} x_{ij}}, \quad (3)$$

где $k = 1, 2, 3, \dots, A$ – число машин агрегата; a – коэффициент пропорциональности, учитывающий степень совпадения по времени различных отказов машин агрегата; x_{ij} – значения функции принадлежности при различной квалификации исполнителей и применяемых технологиях ТО; $i = 1 \dots 7$ – возможные уровни квалификации исполнителей ТО; $j = 1 \dots 11$ – возможный перечень применяемых технологий ТО.

Аналогичным образом

$$K_6 = \frac{\sum_k \omega_k(t, \Pi)}{b \cdot \sum_{i,j} x_{ij}}, \quad (4)$$

где b – коэффициент пропорциональности, учитывающий степень сходства технологий устранения отказов различных машин агрегата.

Величина эксплуатационных издержек МТА будет учтена выражением

$$K_3 = \sum_k K_{3k}. \quad (5)$$

Минимизация функции суммарных затрат позволяет определить оптимальные параметры процесса ТО МТА – продолжительность и периодичность ТО, численность и квалификацию исполнителей ТО и применяемые технологии ТО.

Для цикла полевых работ выражение функции суммарных затрат будет иметь вид

$$C_{\text{цсум}} = \sum_l \alpha_{l-1} C_{\text{сум},l}, \quad (6)$$

где α – коэффициент снижения работоспособности МТА при увеличении общей его наработки за цикл полевых работ; $\alpha_0 = 1$; $C_{\text{сум},l}$ – суммарные затраты и убытки при ТО МТА за время l -й полевой операции; $l = 1, 2, \dots, B$ – число полевых операций, выполняемых МТА в цикле полевых работ.

Минимизация функции суммарных затрат за цикл полевых работ позволяет определить, кроме оптимальных параметров процесса ТО МТА, оптимальную загрузку МТА на полевых операциях цикла.

Для сезона полевых работ выражение функции суммарных затрат будет иметь вид

$$C_{\text{сез}} = \sum_m \beta_m C_{\text{цсум},m}, \quad (7)$$

где β – доля m -го цикла работ в структуре сезона полевых работ; $m = 1, 2, 3$ – число циклов полевых работ в течение сезона.

Минимизация функции суммарных затрат за сезон полевых работ позволит определить оптимальные параметры процесса ТО МТА с учетом значимости цикла в сезоне.

Выводы

Выбор исполнителей ТО и Р и технологий ТО и Р определяется целью функционирования МТА. Различные объемы планируемой к выполнению работы определяют различные требования к работоспособности МТА. При этом возможны два различных подхода: обеспечение максимально возможной или минимально необходимой работоспособности МТА на начало периода его работы. Выбор подхода также влияет на подбор исполнителей ТО и Р и технологий ТО и Р.

Список литературы

1. Взаимодействие исполнителей ТО и ремонта при обеспечении работоспособности машинно-тракторных агрегатов [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: www.science-education.ru/116-12434 (дата обращения: 29.05.2015).

2. К вопросу о применении технологий ТО и ремонта при обеспечении работоспособности машинно-тракторных агрегатов [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5; URL: www.science-education.ru/119-14864 (дата обращения: 29.05.2015).

3. Теслинов А.Г. Концептуальное мышление в решении сложных и запутанных проблем. – СПб.: Питер, 2009. – 288 с.

4. Теслинов А.Г. Концептуальное проектирование сложных решений. – СПб.: Питер, 2008. 288 с.

5. Процессы в технических системах как основа и цель обеспечения работоспособности машинно-тракторных агрегатов [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 4. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2014/2728> (доступ свободный).

6. Редреев Г.В. Обоснование процесса технического обслуживания тракторов группой исполнителей во время полевых работ: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, ЧГАУ, 1996. – 16 с.

References

1. Vzaemodejstvie ispolnitelej TO i remonta pri obespechenii rabotosposobnosti mashinno-traktornyh agregatov [Elektronnyj resurs] Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. no. 2; URL: www.science-education.ru/116-12434 (data obrashcheniya: 29.05.2015).

2. K voprosu o primenении tekhnologij TO i remonta pri obespechenii rabotosposobnosti mashinno-traktornyh agregatov [Elektronnyj resurs] Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. no. 5; URL: www.science-education.ru/119-14864 (data obrashcheniya: 29.05.2015).

3. Konceptualnoe myshlenie v razreshenii slozhnyh i zaputannyh problem. / Teslinov A.G. SPb.: Piter, 2009. 288 p.

4. Konceptualnoe proektirovanie slozhnyh reshenij. / Teslinov A.G. SPb.: Piter, 2008. 288 p.

5. Processy v tekhnicheskikh sistemah kak osnova i cel obespecheniya rabotosposobnosti mashinno-traktornyh agregatov [Elektronnyj resurs] «Inzhenernyj vestnik Dona», 2014, no. 4. Rezhim dostupa: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2014/2728> (dostup svobodnyj).

6. Redreev G.V. Obosnovanie processa tekhnicheskogo obsluzhivaniya traktorov gruppoj ispolnitelej vo vremya polevyh rabot. / Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. Chelyabinsk, CHGAU, 1996. 16 p.

Рецензенты:

Балакин П.Д., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Машиноведение», ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет», г. Омск;

Браилов И.Г., д.т.н., профессор кафедры «Механика», ФГБОУ ВПО СибАДИ, г. Омск.