

Литература

1. А.С. СССР № 1028308, кл. А 23, К 1/20, 1983.
2. Долгов И.А. и др. Протеиновые концентраты из зеленых растений. – М.: Колос, 1978.
3. А.С. СССР №899035, кл. А23 К1/14, 1982.
4. Антонов Н.М., Смирнов В.Л. К обоснованию способа заготовки витаминных кормов с влажным фракционированием адсорбирующими добавками // Пути повышения эффективности сельскохозяйственного производства Восточной Сибири: Тез. докл. 3-й зон. науч.-произв. конф. мол. уч. и спец. – Красноярск, 1987. – С. 78-79.



УДК 519.2:658.588(571.5)

В.А. Ушанов, Э.Г. Шрайнер

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ПРИНЦИПОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ СИСТЕМЫ ТОР МАШИН И ПРОГНОЗИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛУГ НА ПРИМЕРЕ АПК ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Прежде чем приступить к оптимизации, необходимо обосновать номенклатуру параметров, использование которых в качестве управляющих оказывает влияние на ее результаты и обеспечивает анализ вариантов системы ТОР как альтернативных способов восстановления работоспособности машин.

В результате предварительного анализа к таким параметрам отнесены следующие*:

$R_H^{(1)}$ - параметр технического состояния машины, управляющий соотношением между полнокомплектным ремонтом и ремонтом отдельных агрегатов;

$R_H^{(2)}$ - параметр технического состояния машины, управляющий соотношением между новыми и капитально отремонтированными агрегатами, используемыми при её текущем ремонте;

τ_r и α - параметры, управляющие попутным обслуживанием элементов машины с целью обеспечения заданной вероятности (α) безотказной работы машины в заданный период полевых работ (τ_r);

q - степень восстановления технического ресурса при капитальном ремонте;

γ_i - весовой коэффициент $i^{\text{го}}$ элемента;

ΔT_p - параметр, характеризующий периодичность профилактического контроля технического состояния машины.

Вовлечение в процесс исследования какого-либо из этих параметров (или одновременное их использование) означает изменение содержания варианта системы ТОР по составу производимых ремонтно-обслуживающих работ.

Оптимизация параметра, управляющего соотношением между ремонтом машины в целом и ремонтом ее отдельных агрегатов (параметр $R_H^{(1)}$). Техничко-экономической основой оптимизации параметра $R_H^{(1)}$ является противоречие, которое возникает в процессе его использования в качестве управляющего названными видами ремонтно-обслуживающих работ. Исследования показали, что, принимая то или иное количественное значение $R_H^{(1)}$, можно изменять соотношение между ремонтом машины (n_m) и ремонтом отдельных ее агрегатов (n_a^{xp}) и таким путем управлять техническим состоянием машин. Увеличение количества высококачественных n_m способствует более надежной работе машины в межремонтный период. Однако это сопряжено с увеличением затрат, связанных с недоиспользованием технического ресурса отдельных элементов машин. При увеличении же доли индивидуального ремонта элементов достигается наиболее полная реализация их технического ресурса. Но это приводит к увеличению общего количества технических отказов и повышению потерь от простоев, связанных с их ликвидацией.

Возникающие противоречия разрешаются путем оптимизации количественного значения управляющего параметра $R_H^{(1)}$.

Установлено, что на результаты оптимизации существенное влияние оказывают условия использования машин. Они характеризуются такими показателями, как параметры распределения наработки до ресурсного отказа элементов машин (R_m, V), степень восстановления технического ресурса при капитальном ремонте (q) и стои-

* Более подробно об этом см.: Ушанов В.А. Автоматизированные методы оптимизации в задачах по эксплуатации машин. – Красноярск: Журналист, 1996. – 200 с.

мость часа простоя c). Оптимизация параметра $R_H^{(1)}$ осуществляется при безусловно достигнутых значениях этих показателей (установленных в натурном эксперименте в устойчивых ценах до 1992 г.) и при значениях, которые наиболее вероятны в перспективе, а именно: диапазон изменения R_i агрегатов составил 1800...5000 мото-часов, $q - 0,6...0,9$, $c - 4,3...8$ р./ч (68,8 ... 128 р./ч в ценах 1999 г.). На рисунке 1 приведены результаты оптимизации параметра $R_H^{(1)}$ для тракторов типа Т-4А в условиях, которые оцениваются следующими значениями показателей.

Параметры распределения наработки до ресурсного отказа (R_i, V) двигателя – 1900 и 0,53; 3400 и 0,53; КПП – 1820 и 0,60; 3300 и 0,60; заднего моста – 2000 и 0,52; 3500 и 0,52; конечных передач – 2000 и 0,52; 3500 и 0,52; тележек – 2300 и 0,43; 3800 и 0,43; стоимость часа простоя – $c = 4,3$ и 8 р./ч приведены на рисунке 6 (а и б) соответственно. Оптимизация произведена для 60-ти комбинаций, которые охватывают наиболее вероятные пределы изменения R_i, q и C .

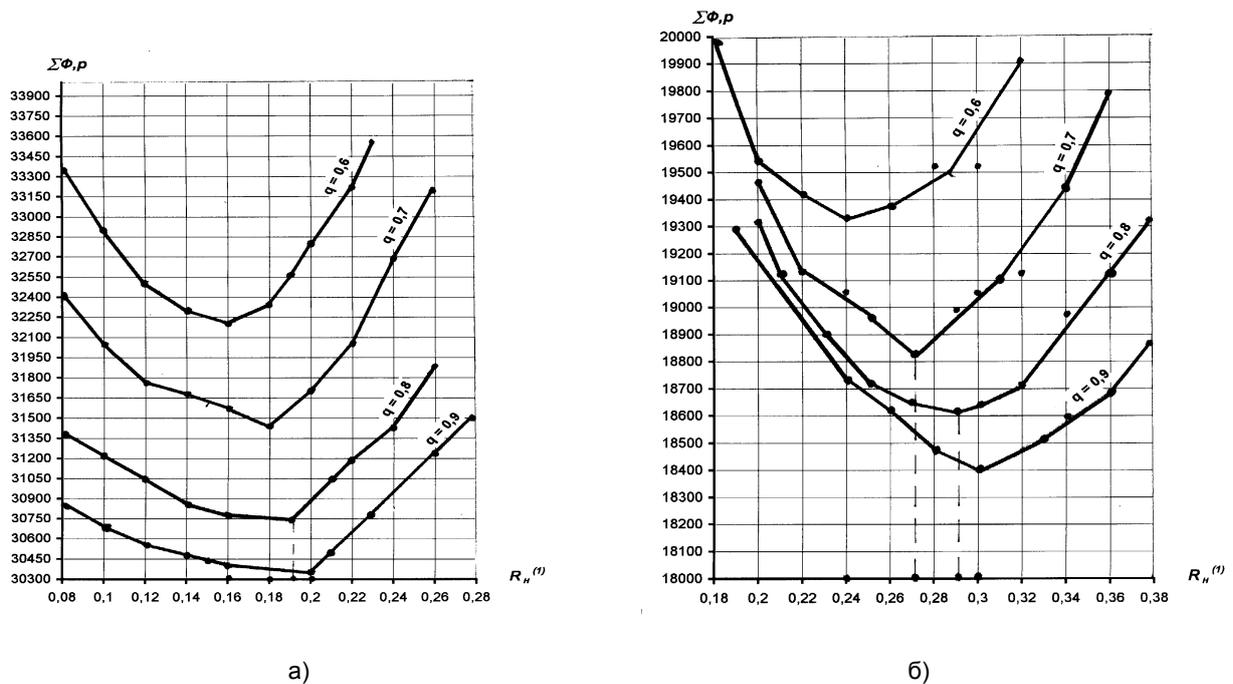


Рис.1 Результаты оптимизации параметра $R_H^{(1)}$

В результате проведенного анализа установлена количественная связь между различными значениями R_i, q, C и оптимальными величинами управляющего параметра $R_H^{(1)}$. Эти результаты позволяют производить корректировку параметра в соответствии с изменяющимися условиями использования машин.

Чтобы обеспечить возможность обоснования $R_H^{(1)*}$ в изменяющихся условиях эксплуатации машин и в разных масштабах цен, использованы аргументы Δ и C_N в безразмерной форме.

Показатель Δ представляет собой отношение $\Delta \Phi^{np} / \sum_{i=1}^n \Delta \Phi^{op}$ ($\Delta \Phi^{np}, \sum_{i=1}^n \Delta \Phi^{op}$ — издержки, связанные с ремонтом полнокомплектной машины и отдельных ее агрегатов соответственно). Таким образом, этот показатель участвует в формировании общих издержек $\sum \Phi$ и через экономические характеристики ремонтно-обслуживающих работ, и через показатели надежности (через частоту ремонтных событий).

С этой же целью вместо абсолютных значений стоимости часа простоя – C , вводится безразмерная ее оценка – $C_N = C / C_3$ (C_3 - рыночная стоимость одного кг зерна в регионе). Показатель C_N , как свидетельствует анализ за последние двадцать лет, является наиболее устойчивым к конъюнктуре. В период устойчивых цен значение этой оценки составляло $C_N = 23,88$ (оценка в масштабе цен 1999 г. - $C_N = 22,93$).

В результате анализа обширной информации по динамике изменения технико-экономических показателей использования машин была установлена количественная связь между оптимальными значениями управляющего параметра $R_H^{(1)*}$ и показателей Δ и C_N . На рисунке 2 приведены материалы для определения параметра, управляющего соотношением между n_m и n_a^{kp} при $C_N = 24$. Такая работа выполнена для значений C_N в диапазоне 24...44.

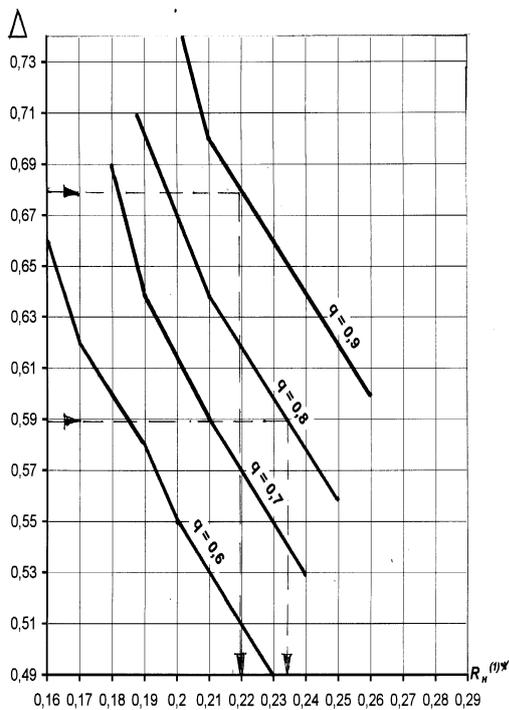


Рис. 2 Номограмма для определения $R_H^{(1)*}$ при $C_N = 24$; $q = 0,6...0,9$

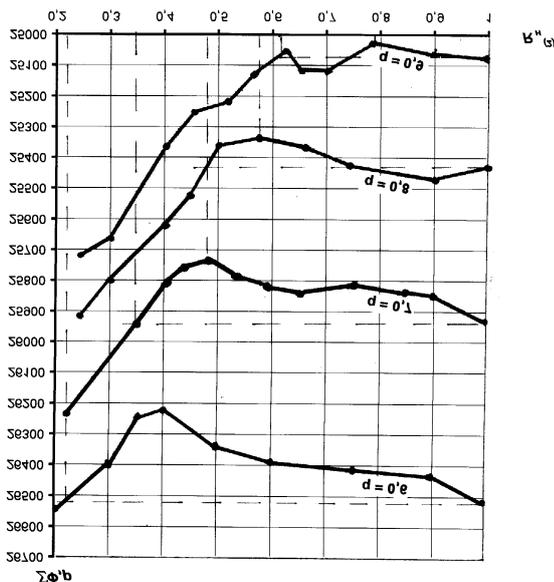


Рис. 3 Результат оптимизации параметра $R_H^{(2)}$

Анализ технико-экономического содержания результатов оптимизации свидетельствует об управляющем характере параметра $R_H^{(2)}$.

Более подробное обсуждение этого утверждения представлено на рисунке 4. Линии " $n_M - n_a^H$ " соответствуют затраты потребителя в случае использования для текущего ремонта новых агрегатов (n_a^H) всегда, когда в момент ресурсного отказа какого-либо элемента численное значение текущего фактического технического состояния машины будет $\Sigma R_0 > R_H^{(1)*}$. При использовании такого варианта системы ТОР машин затраты оказываются самыми высокими.

Процедура практического использования нормативных значений управляющего параметра $R_H^{(1)*}$ состоит в следующем. В момент ресурсного отказа какого-либо агрегата количественно оценивается текущее фактическое техническое состояние машины (ее изношенность) – ΣR_0 . Если окажется, что $\Sigma R_0 \leq R_H^{(1)*}$, то производится полнокомплектный ремонт машины в целом. В противном случае ее работоспособность восстанавливается путем ремонта отказавшего агрегата.

Оптимизация параметра технического состояния машины, управляющего соотношением между новыми и капитально отремонтированными агрегатами, используемыми при ее частичном (текущем) ремонте (параметр $R_H^{(2)}$). Существующий резерв повышения эффективности использования технического ресурса агрегатов может быть реализован путем оптимизации состава работ при текущем ремонте машины. Предложенные имитационные модели позволяют исследовать экономические и надежность последствия использования при текущих ремонтах как новых, так и восстановленных агрегатов, причем с разным уровнем их восстановления – q . Чтобы использовать параметр $R_H^{(2)}$ в качестве норматива системы ТОР, обеспечивающего обоснованное соотношение между n_a^{KP} и n_a^H , осуществлена его оптимизация.

Основой оптимизации является конфликт, порождаемый последствиями использования агрегатов с разным техническим ресурсом и неодинаковой стоимостью ремонтно-обслуживающих работ.

Технология оптимизации состоит в следующем. Если в момент ресурсного отказа агрегата окажется, что $\Sigma R_0 > R_H^{(1)*}$ (т.е. n_M нецелесообразен), то исследуется текущее техническое состояние машины: $\Sigma R_0 \leq R_H^{(2)}$. При выполнении этого условия отказавший агрегат подлежит капитальному ремонту, в противном случае – заменяется на новый. Минимальному значению $\Sigma\Phi$ соответствуют оптимальные значения $R_H^{(2)*}$.

В качестве примера на рисунке 3 приведены результаты оптимизации, характеризующие изменение нормативной величины управляющего параметра $R_H^{(2)}$ в зависимости от степени восстановления технического ресурса при капитальном ремонте – q при стоимости часа простоя $C_N = 33$. Параметры распределения наработки до ресурсного отказа (R_M и V) составили для двигателя – 2400 и 0,53; КПП – 2300 и 0,60; заднего моста – 2500 и 0,52; конечных передач – 2500 и 0,52; тележек – 2800 и 0,43.

При увеличении численного значения управляющего параметра $R_H^{(2)}$ соотношение n_a^H/n_a^{kp} постепенно уменьшается и при $R_H^{(2)}=1,0$ текущий ремонт всегда (если $\Sigma R_0 > R_H^{(1)*}$) производится с использованием только капитально отремонтированных агрегатов (n_a^{kp}). Это второй "крайний" случай использования системы ТОР при замене агрегатов в процессе текущего ремонта. Затраты потребителя в этом случае соответствуют линии " $n_M - n_a^{kp}$ ". Они оказываются ниже, чем при варианте системы ТОР, предусматривающем использование только новых агрегатов " $n_M - n_a^H$ ", то не самыми низкими.

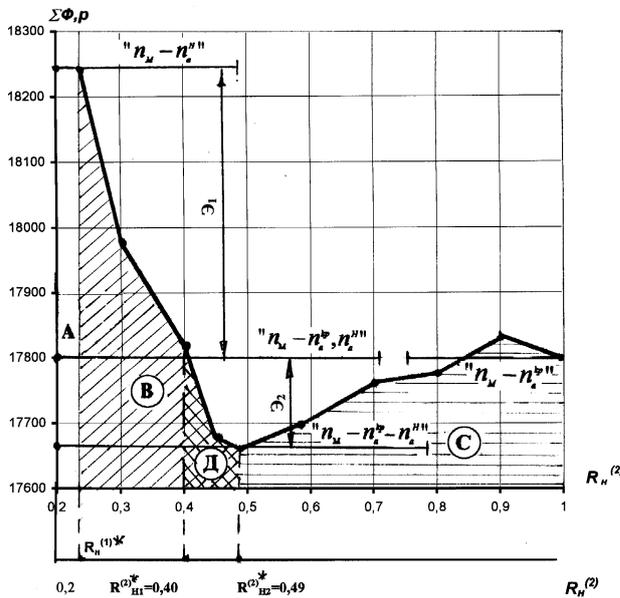


Рис. 4 К анализу эффективности использования параметра $R_H^{(2)}$ в качестве управляющего

Наибольшую эффективность имеет вариант системы ТОР, который предусматривает использование при текущем ремонте машин и новых, и капитально отремонтированных агрегатов в обоснованном соотношении. Затраты этого варианта системы ТОР соответствуют линии " $n_M - n_a^{kp} - n_a^H$ ".

Чтобы практически реализовать этот вариант, необходимо использовать управляющий параметр $R_H^{(2)}$ в виде его нормативного значения $R_{H2}^{(2)*}$.

Процедура принятия решения сводится к следующему. В момент ресурсного отказа какого-либо агрегата машины определяется текущее значение ее фактического технического состояния - ΣR_0 . Если $\Sigma R_0 > R_H^{(1)*}$ (т.е. полнокомплектный ремонт нецелесообразен), то работоспособность машины возобновляется путем ее текущего ремонта. Чтобы принять решение о виде замен агрегатов при текущем ремонте, необходимо осуществить анализ: если $\Sigma R_0 \leq R_{H2}^{(2)*}$, то текущий ремонт производится

путем замены отказавшего агрегата на капитально отремонтированный, в противном случае ($\Sigma R_0 > R_{H2}^{(2)*}$) - на новый.

Практический интерес представляет вариант, затраты от реализации которого соответствуют линии " $n_M - n_a^{kp}, n_a^H$ ". Привлекательность этого варианта заключается в том, что при определенной степени изношенности машины можно не требовать жесткого разграничения на виды замен агрегатов. При этом потребитель жертвует частью экономической эффективности при обслуживании (на величину Δ_2). Однако взамен он приобретает возможность широкого маневра ремонтным фондом. Для реализации этого варианта системы ТОР при текущем ремонте управляющий параметр $R_H^{(2)}$ используется в виде нормативного его значения $R_{H1}^{(2)*}$.

Процедура практического использования этой версии управляющего параметра аналогична $R_{H2}^{(2)}$. Только теперь при $\Sigma R_0 \leq R_{H1}^{(2)*}$ - также замена только на капитально отремонтированные агрегаты, а при $\Sigma R_0 > R_{H1}^{(2)*}$ - по усмотрению потребителя: либо на новые, либо на капитально отремонтированные.

Используя управляющий параметр $R_H^{(2)}$, можно реализовать несколько вариантов системы ТОР. Самым эффективным, с экономической точки зрения, является вариант, предусматривающий четкое разграничение на виды замен агрегатов при текущем ремонте машины.

Величина Δ_2 часто приобретает чисто научный интерес. Однако считаем необходимым реализовать и эту возможность, подготовив рекомендации по обоснованию численной величины параметра $R_{H1}^{(2)*}$ в разных производственных условиях.

Описанные выше особенности являются характерными для подавляющего большинства производственных условий использования машин. Однако, как показывает анализ, имеются и некоторые отличия.

На рисунке 5 приведено изменение суммарных издержек при оптимизации в условиях, которые характеризуются низкими показателями исходного технического ресурса элементов и степени его восстановления при капитальном ремонте ($q = 0,6$).

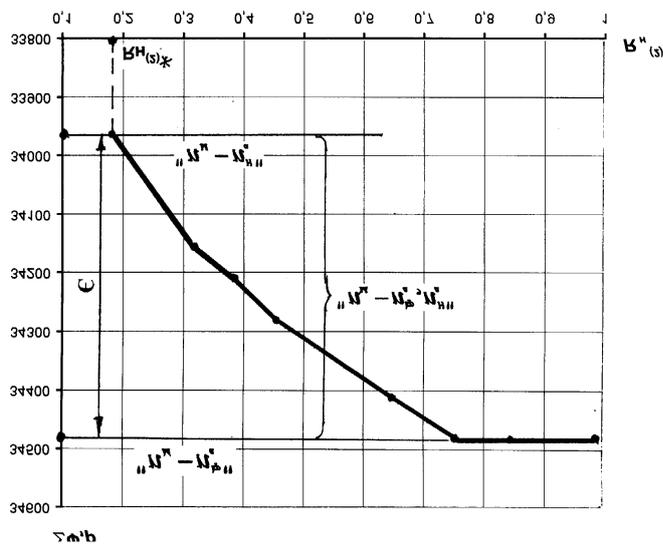


Рис. 5. Анализ эффективности использования управляющего параметра $R_H^{(2)}$ при низких показателях R_H и q

дующими изменениями величин: R_H - 1800...5000 моточасов; q - 0,6...0,9; $C_N = 24...44$.

Анализ материалов оптимизации позволил установить количественную связь между оптимальными значениями управляющего параметра $R_H^{(2)*}$ и оценками условий, в которых принимается решение о содержании РОР. Так, при увеличении степени восстановления технического ресурса (q) значения $R_H^{(2)*}$ возрастают (при прочих равных условиях). Это означает, что «разрешенный» интервал $R_H^{(1)*}...R_H^{(2)*}$ эффективного использования капитально отремонтированных агрегатов (n_a^{kp}) увеличивается. Становится выгодным использовать n_a^{kp} при более высоком значении суммарного взвешенного нормативного остаточного ресурса машины - ΣR_0 , т.е. при меньшей ее изношенности.

Противоположная тенденция с использованием n_a^{kp} установлена при повышении риска потери сельскохозяйственной продукции (C_N).

Ниже в таблице приведены оптимальные значения изношенности машины, которые рекомендуется использовать в качестве параметров ($R_{H1}^{(2)*}$, $R_{H2}^{(2)*}$), управляющих видами замен агрегатов при ее текущем ремонте в разных условиях.

Оптимальные значения изношенности машины

C_N	24				33				44			
q	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6	0,7	0,8	0,9
$R_{H1}^{(2)*}$	0,35	0,39	0,51	0,67	0,32	0,37	0,51	0,63	0,31	0,40	0,48	0,62
$R_{H2}^{(2)*}$	0,46	0,52	0,64	0,80	0,42	0,48	0,56	0,76	0,38	0,48	0,54	0,72

Анализ результатов оптимизации управляющего параметра $R_H^{(2)}$ в таких условиях показывает, что самым эффективным вариантом системы РОР является вариант, предусматривающий замену агрегатов при текущем ремонте машины только на новые. Издержки потребителя при этом соответствуют линии " $n_M - n_a^H$ ".

Затраты варианта " $n_M - n_a^{kp}, n_a^H$ " при любом значении управляющего параметра $R_H^{(2)}$ выше линии " $n_M - n_a^H$ ". Но этот вариант ($n_M - n_a^{kp}, n_a^H$) всегда предпочтительнее для потребителя, чем вариант " $n_M - n_a^{kp}$ ", в рамках которого используются только капитально отремонтированные агрегаты при текущем ремонте.

Оптимальные значения $R_{H1}^{(2)*}$ и $R_{H2}^{(2)*}$ определены и приведены в работе для различных условий, которые характеризуются следующими значениями: