

## **УЧЕТ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ КОРРЕКТИРОВКЕ РЕСУРСА МАШИН ВЫПОЛНЯЮЩИХ МЕЛИОРАТИВНЫЕ РАБОТЫ**

**Севрюгина Н.С., Апатенко А.С.**

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), г. Москва, Российская Федерация

**Аннотация:** Установлена зависимость эффективности бюджетного финансирования и учета эксплуатационных факторов снижающих ресурс машин. Цель: разработка предсказательной оценки риск-отказов систем для машин с различным ресурсом. Обоснован учет нагрузочных характеристик мелиоративных машин с разработкой рекомендации по формированию информационно-аналитической базы функционирования единичной машины.

**Ключевые слова:** мелиоративные работы, машины, ресурс, случайные процессы, работоспособность

## **ACCOUNTING FOR RANDOM PROCESSES WHEN ADJUSTING THE RESOURCE OF MACHINES PERFORMING RECLAMATION WORK**

**Sevryugina N. S., Apatenko A. S.**

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

**Abstract:** the dependence of the efficiency of budget financing and accounting for operational factors that reduce the resource of machines is established. Objective: to develop a predictive assessment of system risk failures for machines with different resources. It is justified to take in to account the load characteristics of reclamation machines with the development of recommendations for the formation of an information and analytical base for the functioning of a single machine.

**Keywords:** reclamation works, machines, resource, random processes, efficiency.

**Аналитические исследования.** Вопрос сотрудничества между производственными структурами и научным сообществом неоспоримо является неотъемлемой частью технического и технологического прорыва, который так необходим для повышения социальной стабильности нашей страны. Документально, необходимость данного сотрудничества отмечается практически во всех программах стратегического развития. Стратегическое развитие производств без совершенствования и обновления техники и технологий их реализующих затормаживается, а зачастую останавливается. Логично заключить, что техническая и технологическая модернизация должна быть финансово обеспечена.

Проведение научно-аналитического обзора показывает о значительных расходах федерального бюджета на реализацию программ, объемы которых могут исчисляться 10 трл. руб. В частности, сельскохозяйственным производствам в 2018 году выделено около 10 трл. руб. бюджетного финансирования, что позволило для технического переоснащения приобрести у производителей сельскохозяйственной техники 17639 ед. различного назначения [1-6, 8, 9].

**Цель работы:** исследование предсказательной оценки риск-отказов технических систем для машин с различным заданным ресурсом и сверхдлинным, 10 и более лет эксплуатационным периодом работоспособности.

**Ресурсная надежность и совершенство машин для мелиоративных работ.** Расходование бюджетных вложений контролируется и ограничивается нормативными требованиями, т.е. выбор технических средств для выполнения мелиоративных работ проводится по классификатору строительных ресурсов (КСР), а сметные ведомости составляются по ЕГСН. Алгоритм включает не только выбор машины по техническим параметрам, но и расчет эффективности использования материальных ресурсов, т.е. составляется прогнозная модель оценки длительности эксплуатации техники без дополнительных капитальных вложений (рис.1).

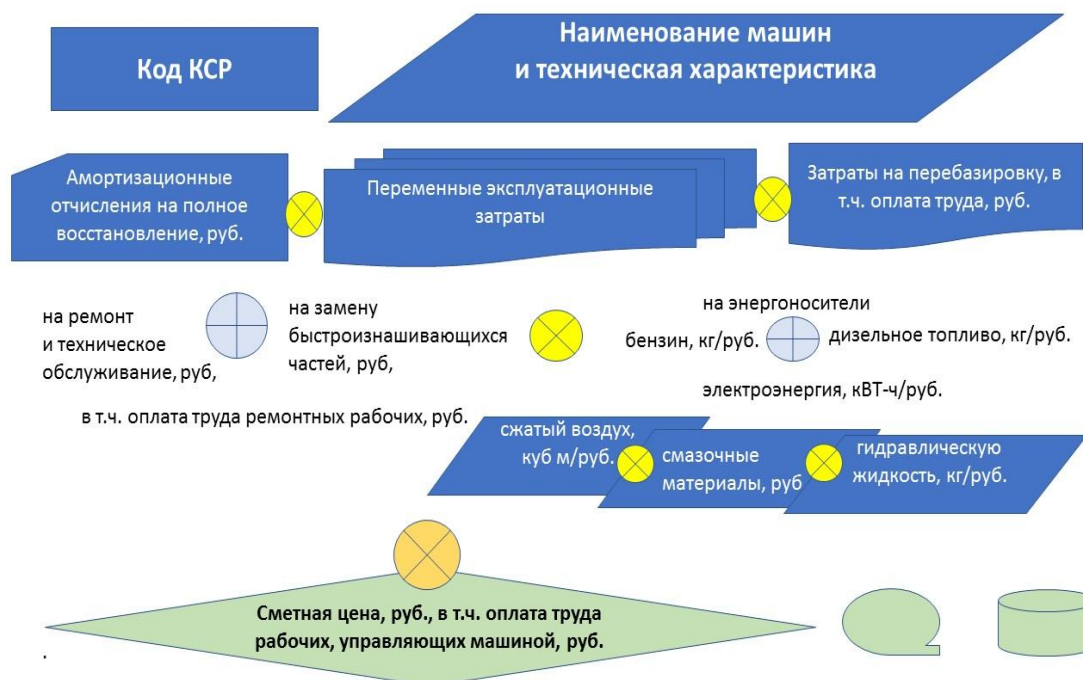


Рисунок 1 - Алгоритм выбора машин из классификатора строительных ресурсов

Среди множества факторов влияния на эффективность эксплуатации машин, выделено ключевыми 3 фактора:

- природно-климатические условия среды функционирования техники;
- конструктивное совершенство машин, уровень их безотказности и долговечности;
- качество работы оператора, при управлении машиной.

Исследованиями установлено, что нагрузки на единицу техники, при выполнении технологических операций мелиоративных работ в ЦФО России в 5 раз выше чем для аналогичных, эксплуатируемых в Канаде. В РФ сравнение данных нагрузок на машины, эксплуатируемых в ЦФО и в Амурской областей отличаются в 2,5 раза. Авторами работы предлагается учитывать этот факт, вводя обобщенный показатель оценки процессов влияния среды функционирования на снижение работоспособности машины [4, 8].

Очевидно, что требуется при обосновании ресурса машины и ее агрегатов, а также предсказательного управления риск-отказами систем поддержания работоспособного состояния, получить научно-обоснованную корректировку базовых положений из расчета различных нагрузочных режимов. Представляется, что разработка модели факторного влияния негативных процессов позволит разработать рекомендации предсказательного характера по недопущению риск-отказов систем машин и не допустить излишних затрат на эксплуатационные материалы, а также увеличения потерь связанных с ожиданием ремонтных воздействий [10].

**Модель расчета и корректировки ресурса машины.** Средняя наработка до капитального ремонта технологических машин представляется производителем для нормальных условий эксплуатации ( $T_{нi}$ ). В машиностроении срок службы до утилизации рассчитывается из условия двух межремонтных циклов (100% наработки до капитального ремонта и 80% наработка после капитального ремонта). Исходя из типовых условия эксплуатации и своевременного качественного проведения периодических сервисных воздействий для поддержания работоспособного состояния, представляется выражением:

$$T_a = \frac{T_{p.c.p.} \cdot (1+C)}{8760 \cdot k_{и.г} \cdot k_{и.д} \cdot k_c}, \quad T_a = \frac{9600(1+0,8)}{8760 \cdot 0,55 \cdot 0,6 \cdot 0,6} = 10 \text{ лет.} \quad (1)$$

где  $C$  - коэффициент сокращения межремонтного цикла;  $C = 0,8$ .

В расчете принимается условие нормальной работы машины, с наработкой 9600 мото. час. за год, при этом коэффициенты использования примут величины: в году  $k_{и.г} = 0,55$ ; в сутках  $k_{и.д} = 0,6$ ; в смене  $k_c = 0,6$ . Результат подтверждает 10 летний период эксплуатации машин, закладываемый производителем, как нормальное значение [12].

Очевидно, что далее требуется установить потерю ресурса машины. Исходя из типовых условий эксплуатации и своевременного качественного проведения периодических сервисных воздействий для поддержания работоспособного состояния. Теоретически эксплуатация машины не допускается, если

потеря ресурса превышает 20%, это обусловлено экономической неэффективностью, хотя как показывает практика, машины продолжают эксплуатировать.

Владельцы машин, поддерживая доходность на приемлемом уровне путем ремонтных воздействий, оправдывают продолжение их эксплуатации после 10-летнего периода наработки.

По данным ведущих ученых о техническом состоянии машины за весь период эксплуатации и статистическим значениям потерь ресурса при физическом износе составлен график (рис. 2) [4].

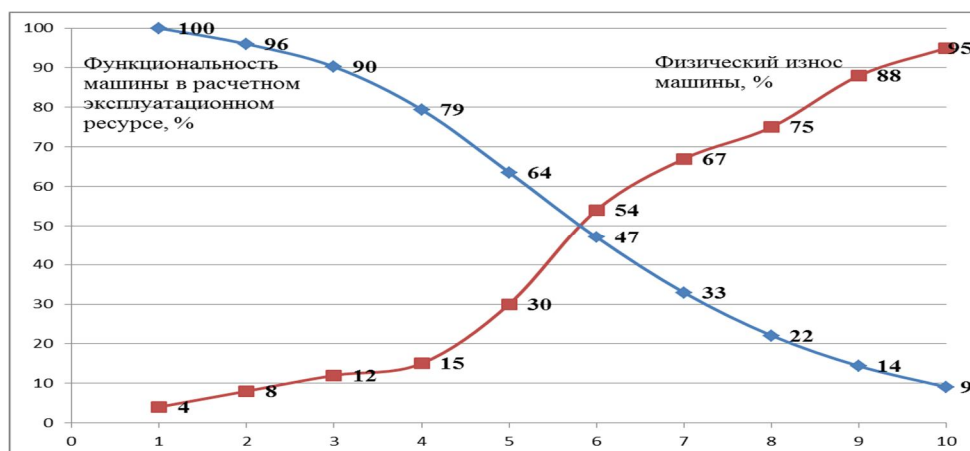


Рисунок 2 - Инфограмма изменения функциональной эффективности машины (от 100%), и физического износа (%), на 10-летнем периоде эксплуатации

Инфограмма представлена двумя кривыми: 1- кривая фиксирующая снижение ресурса за 10-летний период из расчета 20% годичной потери; 2 – кривая физического износа, при том же, 20-и процентном условии годичной потери. Идеализированная модель предполагает определение динамики снижения ресурса, но пологие кривые, представленные на рис.2 не показывают периоды, когда система подвергалась сервисным воздействиям, которые увеличивали ресурс на величину приближения значения параметра к эталонной величине (гамма процентный ресурс ~ 80%).

Аналитические исследования работ ведущих ученых показали [1, 4, 6, 11], что решая инженерные задачи оптимизации надежности систем и агрегатов машин при получении достоверных вероятностных характеристик неизбежно сталкиваются со случайными процессами. Применение методик моделирующих физические процессы в виртуальной среде в совокупности с математическим аппаратом позволяют получать прогнозные параметры технического состояния.

Согласуя периодичность проведения сервисных и ремонтных воздействий с теорией марковских процессов, принимается допущение временного интервала (наработки) характерного для перехода элемента из одного состояния в другое (отказ-работоспособность). Дополнительным допущением является сопоставление периодичности эксплуатации машины при выполнении технологических процессов с устойчивой работой всех систем машины.

Математическое описание имеет вид:

$$S_0 \xrightarrow{\lambda} S_1 \xrightarrow{\mu} S_2 \dots \xrightarrow{i} S_n, \quad (2)$$

где  $S_0; S_1; S_2 \dots; S_n$  - состояние системы;

$\lambda; \mu; i$  - событие, идентифицирующее переход от одного состояния в другое.

Количественное значение «переходной вероятности» в заданные промежутки времени принимает вид:

$$S_0 \cong P_0(\tau); S_1 \cong P_1(\tau); S_2 \cong P_2(\tau); S_n \cong P_n(\tau).$$

Переходный уровень состояния имеет признаки вариативности, в частности, может быть выделен период времени, затрачиваемый на поддержание и/или восстановление работоспособности, в этом случае теоретически верным представляется реверсный характер перехода, обнуляющий предыдущий период эксплуатации и возвращающий показатель ресурса в исходное значение, что сложно реализуемо в реальности из-за многофакторности возвратных условий, например, реализация возвратного перехода по значениям морального старения не возможна.

Учитывая значительное влияние факторов среды функционирования для технологических комплексов машин, выполняющих мелиоративные работы выполнен расчет изменения ресурса с учетом сервисных и ремонтных воздействий для условной машины (рис.3)[12, 13].

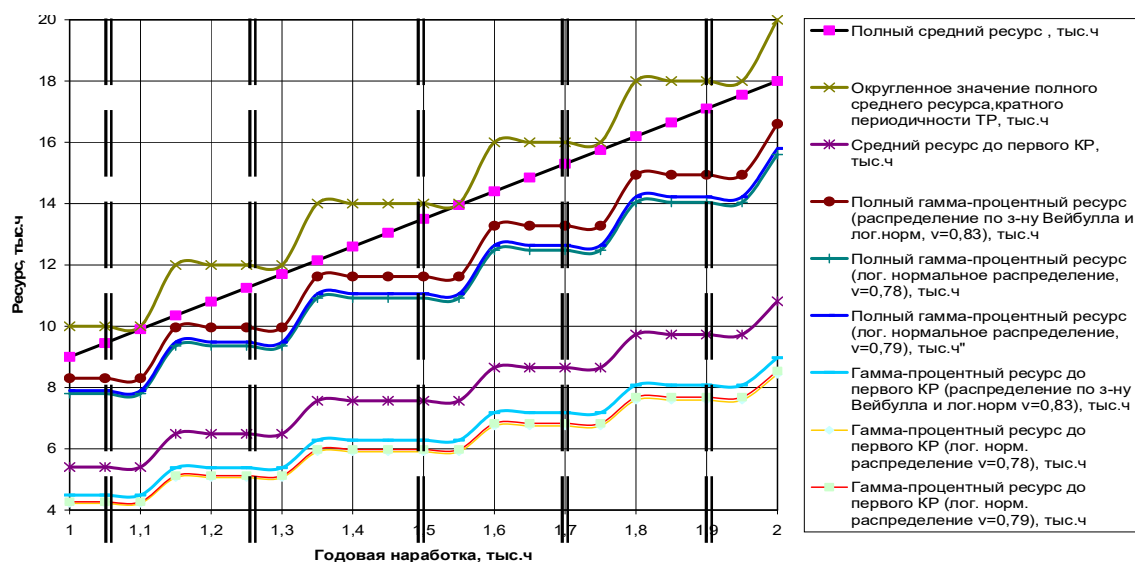


Рисунок 3 - Динамика изменения ресурса машины с учетом технологий его поддержания

Полученные кривые указывают минимальное значение нормируемого ресурса машины в зависимости от принятых расчетных значений. Результаты расчетов дают кривую ресурса ступенчатого вида. Прерывистой двойной линией отмечены характерные изменения ресурса, позволяющие установить зависимость между годовой наработкой машины и ресурсом, закладываемым производителем. Необходимо обратить внимание, что среднее значение ресурса машины не позволяет оценить ресурс основных узлов и агрегатов, это становится основным фактором неопределенности.

**Результаты и обсуждения.** Дальнейшие исследования предполагают разработку методики контроля изменения технического состояния единичной машины на иерархическом уровне, комбинируя данные риск-отказов как для отдельных деталей, узлов, систем, так и машины в целом. Электронные диагностические системы сбора информации о текущем состоянии технической системы в сочетании с расчетной моделью интенсивности изменения по сравнению с базовыми величинами, позволят строить прогнозные модели риск-отказов [2, 4, 7, 11].

**Выводы.** При рассмотрении приоритетов выбора производителя техники следует учитывать их конструктивную адаптивность к условиям эксплуатации в различных регионах РФ.

Рекомендуемая система поддержания работоспособного состояния машин для мелиоративных работ должна учитывать нагрузочные характеристики для единичной машины.

Требуется разработка рекомендаций по формированию информационно-аналитической базы функционирования единичных машин для мелиоративных и строительных работ, которая позволит:

- производителю, создать единый банк данных типовых факторов, идентификационных характеристик условий работы и выполнять модернизацию машины, продлевая ее ресурс на значительные периоды с гарантированным уровнем надежности на всем периоде эксплуатации.
- эксплуатанту, снизить затраты на ресурсное восстановление машин, повысить их производительность и качество работ, а также иметь информацию о перспективной прибыльности единичной машины на всем эксплуатационном периоде.

#### Список использованных источников

1. Апатенко А.С. Влияние срока службы машин на их наработку при мелиоративных работах. Сборник научных докладов XVII Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства» - Тамбов, 2013. С. 89-90.
2. Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Цифровые системы и точность управления работоспособностью технологических машин в природообустройстве /А.С. Апатенко, Н. С. Севрюгина //Техника и оборудование для села. – 2019. – №7. – С.35-38.
3. Блохин В.С., Малич Н.Г., Дегтярев А.О. Экспозиция рынка машин для земляных и мелиоративных работ /Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. №5. С. 334-340.
4. Бурак П.И., Голубев И.Г., Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Гольтянин В.Я. Состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники: науч. анализ. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 152 с.

5. Постановление Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2012г. №1432 «Об утверждении Правил предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники» ( с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс] URL:<https://base.garant.ru/77673856/>
6. Пунинский В.С. Система машин для комплексной механизации мелиоративных работ /Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. №2. С.43-48.
7. Пунинский В.С. Информационные и цифровые системы машин для механизации мелиоративных работ / Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. №4 (76). С. 142-150.
8. Росстат. Парк основных видов техники в сельскохозяйственных организациях по Российской Федерации [Электронный ресурс] URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/enterprise/economy/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/enterprise/economy/) (дата обращения: 19.01.2020)
9. Трясцин, А. П. Методологические аспекты системного анализа опасностей при эксплуатации мобильных самоходных машин сельскохозяйственного назначения /А.П. Трясцин, Ю.Н. Баранов, О.Н. Данилина //Вестник АПК Верхневолжья. - 2009. - № 3. - С. 77-80.
10. Апатенко А.С. Повышение эффективности эксплуатации технологических комплексов машин на мелиоративных работах. Дисс. на соискание учёной степени д.т.н. - М.: ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. – 333 с.
11. Zorin, V.A., Baurova, N.I., Pegachkov, A.A. Assessment of products risks of mechanical engineering by results of diagnosing 2019. Periodical sofengineering and natural sciences
12. Sevryugina, Nadezhda Modified Method for Calculation of Vehicles Residual Lifetime with Regard of the Impact Factors Variability International scientific conference energy management of municipal transportation facilities and transport, EMMFT 2017 Book series: Advances in Intelligent Systems and Computing No 692, 273-281 DOI: 10.1007/978-3-319-70987-1\_29 (WoS & Scopus)
13. Sevryugina N.S., Melikhova S.B., Volkov E.A. The solution of applied problems of optimization of stability of system "environment-man-technics" // Modern Applied Science. - 2015. - №Т.9 №3. - S. 200-207.