

УДК 658.8 : 621.45.07

А. Н. Максименко, канд. техн. наук

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЭТАПА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СДМ

В статье рассмотрены вопросы влияния стоимости изготовления и затрат на поддержание и восстановление работоспособности строительных и дорожных машин (СДМ) на продолжительность этапа эксплуатации их жизненного цикла. Предложены алгоритмы определения этапа эксплуатации машины с получением максимальной прибыли.

Современный подход к оценке эффективности эксплуатации техники предусматривает использование комплексного показателя – прибыли [1–3], которую важно определять с учетом стоимости изготовления и динамики изменения комплексного показателя надежности (коэффициента технического использования), коэффициента внутрисменного режима работы, технической производительности машины от ее наработки с начала эксплуатации, а также экономии строительных и эксплуатационных материалов при применении ресурсосберегающих технологий.

Для получения максимального эффекта необходимо сокращать этапы изготовления, доставки, монтажа, обкатки и утилизации машины и увеличивать рациональный этап ее эксплуатации [4].

Продолжительность этапа эксплуатации жизненного цикла СДМ определяется качеством изготовления и системой поддержания и восстановления их работоспособности, зависящей от соотношения ресурсов сборочных единиц (СЕ) и машины в целом, максимальное приближение которых предусматривает современный подход при создании машины. В этом случае отказы машины до половины ее ресурса практически отсутствуют при соблюдении нагрузочных режимов работы на объекте и режимов проведения технических обслуживаний (ТО) и ремонтов. Если наработка свыше половины ресурса, для снижения эксплуатационных затрат и

исключения отказов машины на объекте важно определять остаточный ресурс СЕ при проведении плановых ТО и ремонтов с помощью гаражных или бортовых технических средств, позволяющих отслеживать работоспособное состояние СЕ, систем, агрегатов и машины в целом. При значительном отличии ресурсов СЕ отказы машины будут определяться минимальными значениями с увеличением простоев в ТО и ремонтах, а также эксплуатационных затрат, что снижает в целом рациональный этап эксплуатации ее жизненного цикла.

Все дополнительные затраты при изготовлении машины на бортовую систему диагностирования, повышение ресурса СЕ и положительные изменения выходных параметров должны способствовать получению максимальной прибыли.

Увеличение разовых затрат на положительное изменение выходных параметров машины способствует повышению производительности и снижению интенсивности роста эксплуатационных затрат, что позволяет увеличить наработку до ее списания и получить максимальную прибыль. Особенно это характерно для гидрофицированных машин, когда износ сопряжений основных СЕ (насоса, распределителя, гидроцилиндра или гидромотора) приводит к внутренним перетечкам рабочей жидкости (РЖ), снижению производительности и КПД гидропривода. Граничные условия снижения этих выходных параметров и проведения капитального ре-

монта (КР) СЕ гидропривода также можно определить с учетом получения максимальной прибыли.

Оптимальное решение по распределению ресурсов при создании и эксплуатации СДМ, а также определение технико-экономических показателей (ТЭП) с учетом влияния важнейших факторов возможно при использовании информационных технологий, которые позволяют для каждой машины создать базу данных с анализом изменений выходных параметров не только машины в целом, но и ее сборочных единиц, агрегатов и систем в соответствии с алгоритмами, приведенными в [5...8], а также данных предприятий-изготовителей по ресурсу СЕ, что поможет реализовать резервы повышения работоспособности машины и увеличить этап эксплуатации ее жизненного цикла.

Оценка эффективности использования машин на основе прибыли от их эксплуатации с учетом динамики изменения основных ТЭП позволит определить наработки окупаемости затрат на их приобретение, получения максимальной прибыли и проведения КР машины (рис. 1).

Основу предложенного алгоритма составляют зависимости наработок окупаемости и получаемой прибыли с учетом динамики изменения ТЭП от наработки машины с начала эксплуатации и этапов эксплуатации, рассмотренных автором ранее [4].

Нарботка окупаемости затрат $H_{ок}$, моточас, на приобретение машины может определяться по формуле

$$H_{ок} = \frac{C_{и}}{(C_{т} - C_{е}^{пр}) \cdot \Pi_{т} \cdot K_{с} \cdot K_{п}^x}, \quad (1)$$

где $C_{и}$ – стоимость изготовления машины, р.; $C_{т}$ – стоимость единицы полезно выполняемой работы, р./м³ (р./м²; р./т); $C_{е}^{пр}$ – приведенная себестоимость выполнения единицы полезной работы, р./м³ (р./м²; р./т); $\Pi_{т}$ – часовая техническая производительность машины,

м³/мч, (м²/ч, т/мч); $K_{с}$ – коэффициент, учитывающий изменение $\Pi_{т}$ от наработки машины с начала эксплуатации; $K_{п}^x$ – коэффициент, учитывающий работу двигателя на холостых оборотах, $K_{п}^x = 0,9 \dots 1,0$.

Прибыль, получаемую после $H_{ок}$ при эксплуатации машины, можно определить по формуле

$$\Pi = (C_{т} - C_{е}^{пр}) \cdot \Pi_{т} \cdot K_{с} \cdot K_{п}^x \cdot (H - H_{ок}), \quad (2)$$

где H – наработка машины с начала эксплуатации, моточас.

Алгоритм рассматривает четыре этапа эксплуатации машины с приращением наработки ΔH на всех этапах кратной периодичности проведения ТО.

На первом этапе (окупаемости затрат на приобретение машины) прибыль определяется по формуле

$$\Pi = (C_{т} - C_{е}^{пр}) \cdot \Pi_{т} \cdot K_{с} \cdot K_{п}^x \cdot H - C_{и}. \quad (3)$$

При значениях $\Pi = 0$ и ее производной $\Pi' > 0$ определяется наработка окупаемости по формуле (1).

Второй этап характеризуется ростом прибыли ($\Pi > 0$ и $\Pi' > 0$). Он заканчивается при значениях $\Pi > 0$ и $\Pi' = 0$, что соответствует максимальному значению прибыли на единицу наработки. В конце этого этапа в базу данных заносятся значения прибыли и наработки с индексом ($H_{опт}$, $\Pi_{опт}$).

Третий этап рассматривает варианты повышения роста прибыли за счет разовых затрат, которые способствуют повышению производительности и снижению затрат на поддержание и восстановление работоспособности машины. Для гидрофицированных машин целесообразно выполнить КР СЕ гидропривода.

С учетом разных ресурсов СЕ машины рассматриваемые интервалы наработки можно принимать с разовыми затратами по восстановлению работоспособности машины, не входящими в текущие эксплуатационные затраты.

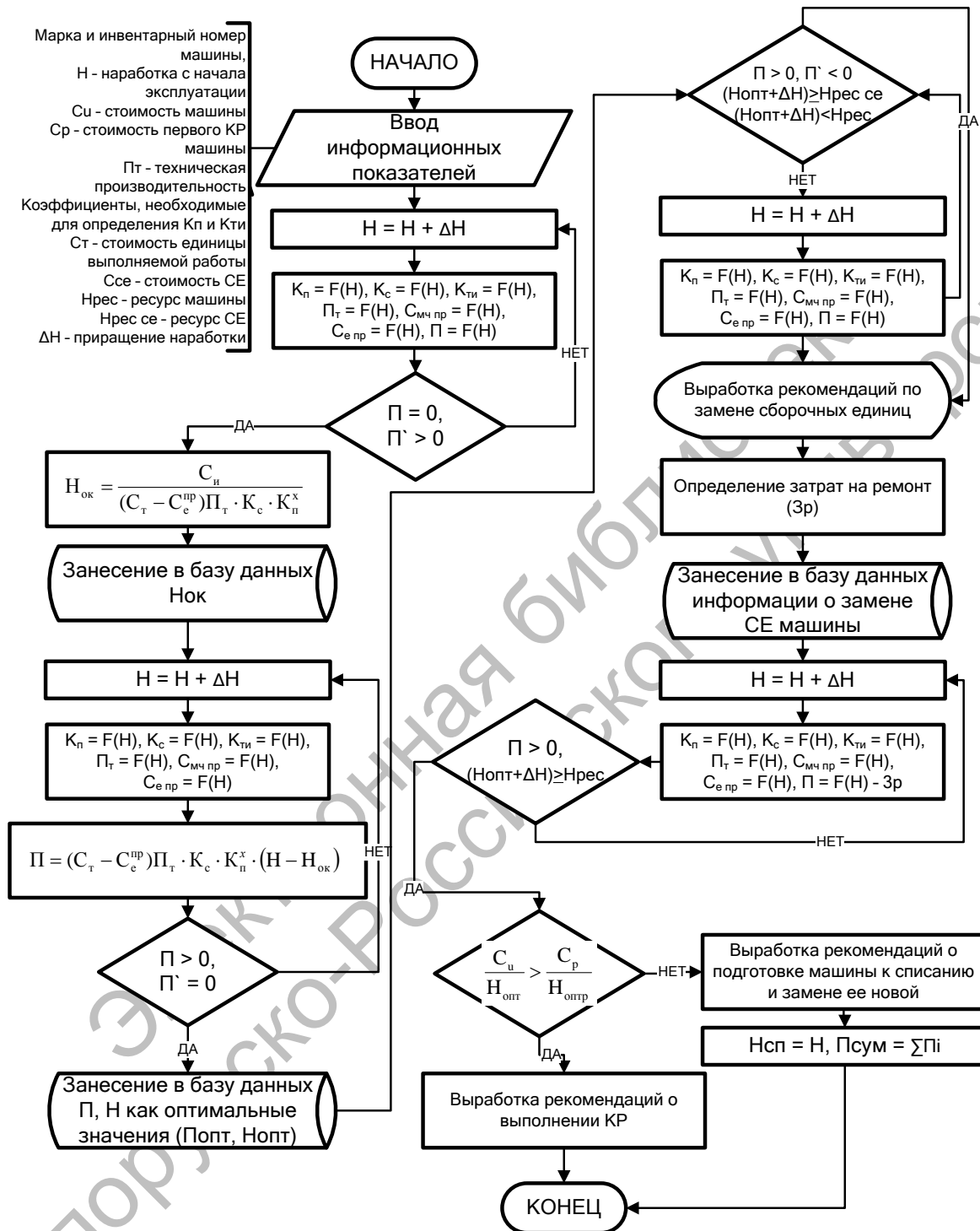


Рис. 1. Алгоритм определения наработок окупаемости, максимальной прибыли и проведения КР

В этом случае количество средних и капитальных ремонтов и наработка списания машины будет соответствовать максимальной и суммарной прибыли $\Pi_{\text{сум}}$ за рассматриваемый интервал с начала эксплуатации:

$$\Pi_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^m \Pi_{\text{сум}i}, \quad (4)$$

где m – количество средних и капитальных ремонтов.

Автор считает (исходя из исследований), что необходимо проводить для гидрофицированных машин средние ремонты с примерной наработкой половины ресурса машины, т. к. это способствует повышению производительности и расширению этапа эксплуатации жизненного цикла.

Анализ количественных изменений выходных параметров после ремонта с учетом его стоимости позволяет определять эффективность проводимых мероприятий по восстановлению работоспособности машины. Капитальный ремонт СДМ и агрегатов проводится, если он необходим для дорогостоящих базовых деталей.

Проведенные исследования показали, что произойдет улучшение выходных параметров машины после КР, но численные значения интенсивности их изменений при увеличении наработки будут значительно уступать начальным значениям новой машины.

Получаемая прибыль после капитального ремонта может определяться по формуле, аналогичной (3):

$$\Pi = (C_{\text{т}} - C_{\text{ер}}^{\text{кр}}) \cdot \Pi_{\text{тр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{тр}}^x \cdot (H_{\text{р}} - H_{\text{окр}}), \quad (5)$$

где $C_{\text{ер}}^{\text{кр}}$, $\Pi_{\text{тр}}$, $K_{\text{тр}}^x$, $K_{\text{ср}}$, $H_{\text{р}}$, $H_{\text{окр}}$ – соответствующие обозначения, как и в формулах (1) и (2), с численным значением после КР.

При проведении КР численные значения наработки до списания рассчитываются по формуле

$$H_{\text{сп}} = H + \sum_{i=1}^k H_{\text{р}i}, \quad (6)$$

где H – наработка до первого КР, моточас; $H_{\text{р}i}$ – наработка до i -го капитального ремонта; k – количество капитальных ремонтов машины за этап эксплуатации жизненного цикла, моточас.

Целесообразность проведения КР определяется минимальными удельными затратами на 1 моточас до значений $H_{\text{опт}}$ и $H_{\text{оптр}}$ по формуле

$$\frac{C_{\text{у}}}{H_{\text{опт}}} > \frac{C_{\text{р}}}{H_{\text{оптр}}}, \quad (7)$$

где $C_{\text{у}}$ – стоимость новой машины, р.; $C_{\text{р}}$ – стоимость КР машины, р.; $H_{\text{опт}}$, $H_{\text{оптр}}$ – наработки максимальных значений прибыли для новой машины и после проведения КР соответственно, моточас.

Алгоритм определения рациональной наработки до списания состоит из двух основных блоков расчета выходных параметров и прибыли до КР и после его проведения (рис. 2).

Количество КР определяется стоимостью их проведения, восстанавливаемым ресурсом и динамикой изменения ТЭП в процессе эксплуатации после ремонта. Стоимость КР СДМ составляет 0,4...0,6 от стоимости новой машины и 0,25...0,65 от стоимости агрегатов и СЕ [9]. Причем меньшее значение соответствует первому КР с увеличением стоимости последующих ремонтов. Ресурс любого восстанавливаемого изделия должен составлять не менее 80 % нового. В настоящее время в СДМ усложняются СЕ и агрегаты, широко применяются гидропривода и автоматизированные системы для управления машин. Все это влечет за собой усложнение поддержания и восстановления работоспособности СДМ.

В этих условиях важно организовать КР СЕ и агрегатов на специализированных предприятиях, обеспечивающих высокое качество и планируемый ресурс после ремонта.

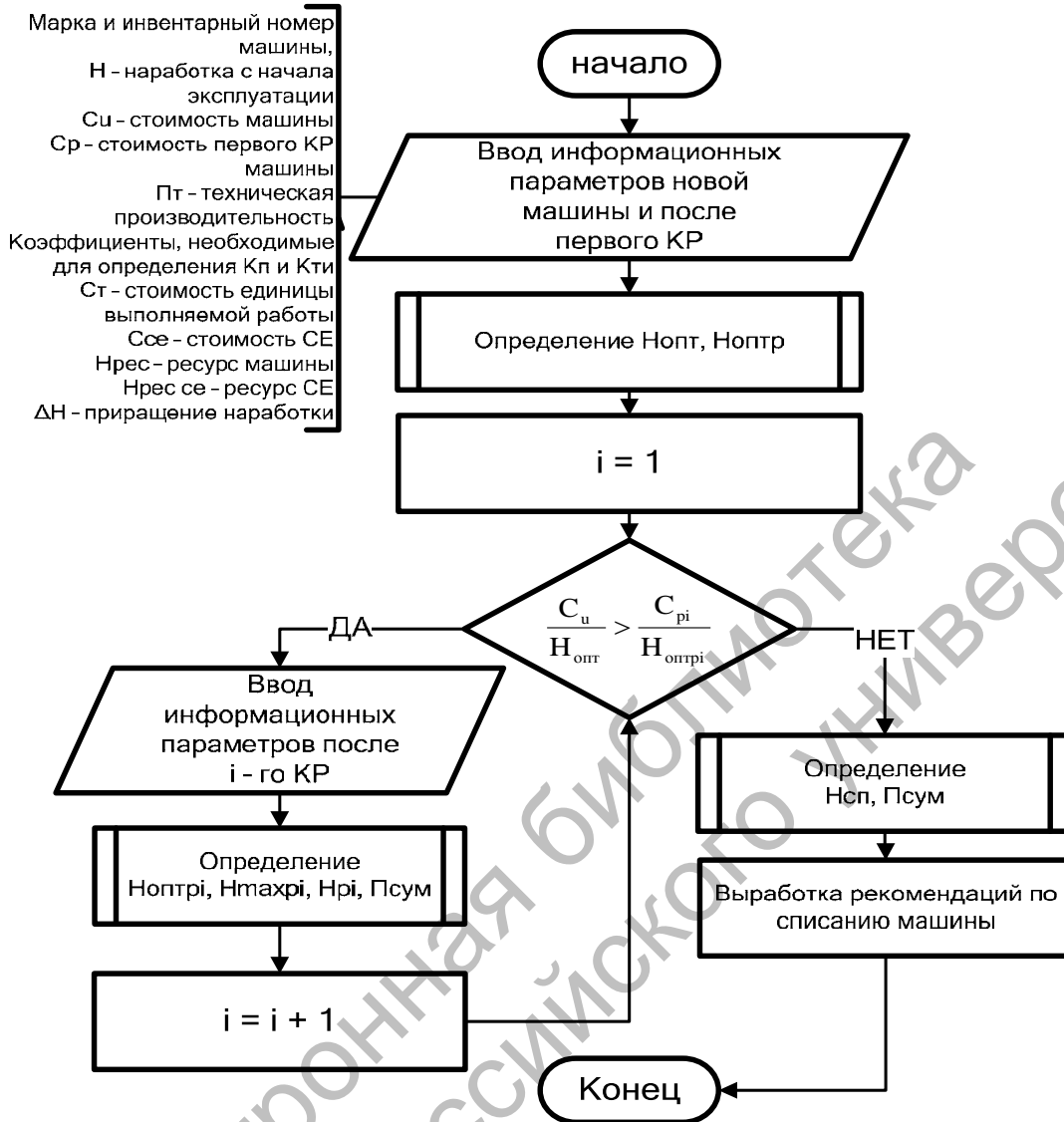


Рис. 2. Алгоритм определения наработки и суммарной прибыли до списания машины

После КР выходные параметры машины улучшаются, но численные значения и интенсивность качественного изменения значительно уступают начальным значениям новой машины. Более высокая интенсивность снижения эксплуатационной производительности и повышения затрат на поддержание и восстановление работоспособности значительно сокращает рациональную наработку между КР. При каждом КР отсчет наработки начинается с нуля для определения текущих значений ТЭП.

В реальных условиях эксплуатации машина может работать на различных объектах, выполняя различные тех-

нологические операции и объемы производства работ. Практически оценку эффективности ее использования целесообразно производить поэтапно с определением суммарной прибыли за любые интервалы наработки.

В этом случае суммарная прибыль определяется по формуле

$$P_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{сум}i}, \quad (8)$$

где $P_{\text{сум}i}$ – прибыль, получаемая от использования машины в i -м интервале наработки, р.; n – количество рассматриваемых интервалов, отражающих раз-

личные объекты производства строительных работ.

С увеличением наработки с начала эксплуатации происходит накопление прибыли от использования машины в соответствии с функциональным назначением. Своевременная замена СЕ и агрегатов на основе остаточного ресурса при плановых ТО и ремонтах позволит исключить отказы машины на объекте и достигнуть максимальной наработки и суммарной прибыли на этапе эксплуатации ее жизненного цикла.

Заключение

1. Оценка эффективности эксплуатации СДМ целесообразно проводить на основе максимальной прибыли, получаемой на этапе эксплуатации жизненного цикла.

2. Продолжительность этапа эксплуатации жизненного цикла СДМ зависит от качества поддержания и восстановления их работоспособности с учетом ресурсов СЕ и машины в целом, а также от динамики изменений выходных параметров в процессе наработки с начала эксплуатации после проведения капитальных ремонтов.

3. Рациональную продолжительность этапа эксплуатации жизненного цикла машины возможно определять с использованием информационных технологий в соответствии с приведенными алгоритмами (см. рис. 1 и 2).

A. N. Maksimenko
The determination of the rational duration of the productive life of road construction machines

The paper studies how production costs of road construction machines and expenses on their maintenance and restoration of their working capacity affect the duration of their productive life. The algorithm of determining the stage of the machine productive life is developed with the purpose of getting the maximum profit.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Проников, А. С.** Параметрическая надежность машин / А. С. Проников. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 560 с.
2. **Кудрявцев, Е. М.** Комплексная механизация строительства / Е. М. Кудрявцев. – М. : Ассоциация строительных вузов, 2005. – 424 с.
3. **Вавилов, А. В.** Экономическое проектирование технологических машин строительного комплекса : монография / А. В. Вавилов, Д. В. Маров, А. Я. Котлобай ; под общ. ред. А. В. Вавилова. – Минск : Стринко, 2003. – 102 с.
4. **Максименко, А. Н.** Оценка эффективности использования изделий машиностроения / А. Н. Максименко, В. А. Максименко, А. А. Максименко // Вестн. МГТУ. – 2005. – № 2. – С. 98–103.
5. **ДМД 02191.7.008-2009.** Рекомендации по совершенствованию технического обслуживания и ремонта дорожно-строительных машин с учетом целесообразности их эксплуатации на любом этапе с начала использования. – Введ. 01.03.09. – Минск : БелдорНИИ, 2009. – 90 с.
6. Определение выходных параметров сезонной техники в дорожном строительстве / А. Н. Максименко [и др.] // Грузовик &. – 2008. – № 3. – С. 26–31.
7. Повышение работоспособности гидропривода строительного-дорожных машин / А. Н. Максименко [и др.] // Грузовик &. – М. : Машиностроение. – 2008. – № 9. – С. 23–27.
8. **Максименко, А. Н.** Определение целесообразности использования строительного-дорожных машин и оценка эффективности их эксплуатации / А. Н. Максименко, Д. Ю. Макацария, В. В. Кутузов // Механизация строительства. – 2009. – № 3. – С. 14–20.
9. **Зорин, В. А.** Основы работоспособности технических систем : учебник для вузов / В. А. Зорин. – М. : Магистр-Пресс, 2005. – 536 с.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 29.10.2010