

УДК 629.7.07

*А. Н. Максименко*

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИНЫ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЕЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

UDC 629.7.07

*A. N. Maksimenko*

## ENSURING THE OPERATING CAPACITY OF EQUIPMENT WITH REGARD TO CHANGES OF TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS AT THE OPERATION STAGE OF ITS LIFE CYCLE

### **Аннотация**

Рассматриваются вопросы поддержания и восстановления работоспособности машины с учетом изменений технико-экономических показателей на этапе эксплуатации ее жизненного цикла. Производительность, себестоимость машиночаса, количество рабочего времени, КПД, коэффициент технического использования  $K_{ТИ}$ , коэффициент внутрисменного использования  $K_{В}$  и другие технико-экономические показатели изменяются в процессе эксплуатации машины. Предложена стратегия проведения технических обслуживания и ремонтов для получения максимальной прибыли за этап эксплуатации жизненного цикла машины с учетом изменений технико-экономических показателей.

### **Ключевые слова:**

работоспособность, этап эксплуатации, жизненный цикл, прибыль, производительность.

### **Abstract**

Maintaining and restoring of the equipment operating capacity are considered taking into account the changes of technical and economic indicators over the stage of exploiting its life cycle. Efficiency, machine-hour cost, amount of working hours, efficiency factor, operating efficiency, shift operating efficiency and other technical and economic indicators change in the process of equipment operation. The strategy of performing maintenance and repairs is offered to maximum profit over the stage of exploiting the equipment life cycle with regard to changes of technical and economic indicators.

### **Key words:**

operating capacity, operation stage, life cycle, profit, efficiency.

### **Введение**

Перспективы социально-экономического развития Республики Беларусь во многом зависят от стратегии развития ведущих отраслей промышленности. Затраты на поддержание и восстановление работоспособности машин за этап эксплуатации их жизненного цикла превышают в 5...10 раз затраты на изготовление новых, а на XXI в. прогнозируется, что в сфере эксплуатации и ре-

монта будет занято 80...90 % всех трудовых ресурсов [1]. Причем затраты на обеспечение работоспособности можно существенно сократить повышая надежность машин и организовав фирменное обслуживание. Высокий уровень работоспособности машин возможно обеспечить только в результате комплексных взаимосвязанных мероприятий при проектировании, производстве и эксплуатации [2]. Фирма-изготовитель должна быть экономически заинтересо-

вана в снижении суммарных затрат на обеспечение работоспособности парка машин.

В практике США и Японии принята номенклатура показателей строительных машин, характеризующая эффективность их использования у потребителя (коэффициент, учитывающий простои; амортизационный срок в часах работы; суммарная стоимость ремонта). В Республике Беларусь основу эффективности создания или модернизации машины составляет стоимость изготовления. В статье предлагается методика обеспечения работоспособности машин, учитывающая положительные показатели отечественного и зарубежного опыта.

#### ***Установившаяся практика обеспечения работоспособности машин в Республике Беларусь***

В Республике Беларусь ведущими предприятиями машиностроения являются МАЗ, МТЗ, БелАЗ и «Амкодор». Основные требования при создании новой машины (высокая производительность, надежность, простота управления и обслуживания, ремонтпригодность, удобство транспортировки, высокие эстетические качества) научно обоснованы [3] и не противоречат установившейся практике ведущих зарубежных фирм.

Однако в основу обеспечения работоспособности ведущие зарубежные производители машин закладывают фирменное обслуживание с полной ответственностью изготовителя за их техническое состояние за этап эксплуатации жизненного цикла.

Элементы положительного зарубежного опыта по фирменному обслуживанию внедряются в Республике Беларусь через увеличение продолжительности гарантийного периода до 2 лет [4]. Только обеспечение тесной прямой и обратной связи между производителями и потребителями техники позволит обеспечить необходимое качество изготовления и работоспособность на

этапе эксплуатации жизненного цикла, а также повысить эффективность использования и конкурентоспособность конкретной машины. К сожалению, все ведущие предприятия машиностроения в Республике Беларусь обеспечивают работоспособность выпускаемой техники только в гарантийный период.

Анализ восстановления работоспособности погрузчиков «Амкодор 332» и «Амкодор 342» в гарантийный период эксплуатации показал, что средняя продолжительность ремонта составила 1,2 сут (не превышая 2 сут), и это время входит в число показателей устранения неисправностей. После гарантийного периода единая система обеспечения работоспособности машины отсутствует, и уровень технической эксплуатации определяется технической базой и кадрами предприятия по использованию техники. Продолжительность восстановления работоспособности подконтрольных погрузчиков после гарантийного периода увеличивается в 3...5 раз и исчисляется в отдельных случаях месяцами при отказе сложных сборочных единиц.

Основной причиной значительных простоев дорогостоящей техники после гарантийного периода эксплуатации является отсутствие централизованного контроля за выполнением правил эксплуатации машин, а также отсутствие предприятий по ремонту их сборочных единиц. В настоящее время в Республике Беларусь нет ни одного завода по капитальному ремонту сложных машин и их сборочных единиц и агрегатов, за исключением двигателей. Восстановление работоспособности сборочных единиц на предприятиях, эксплуатирующих машины, снижает планируемый ресурс из-за отсутствия современного оборудования и квалифицированных кадров. Такое состояние с восстановлением работоспособности машин обеспечивает только 50 % ресурса, задаваемого изготовителем, а простои в капитальных ремонтах превышают нормативные в 5,5 раза, что приводит к снижению рабочего времени в

год до 40 % от среднего значения. Такая установившаяся практика обеспечения работоспособности сложной техники формирует мнение специалистов о нецелесообразности капитальных ремонтов. Объективно необходимость проведения капитального ремонта определяет анализ технических и экономических факторов.

По сведениям многих ученых, затраты на капитальный ремонт составляют по машинам 40...60 % и по агрегатам 25...65 % от стоимости вновь изготовленных при снижении затрат на материалы и комплектующие в 2...3 раза [2]. Последнее условие особенно важно для нашей страны при нарастающем дефиците металлов.

С увеличением стоимости техники целесообразность капитального ремонта возрастает. Его необходимо налаживать на основе межведомственных региональных центров по капитальному ремонту основных сборочных единиц и агрегатов сложной техники, что позволяет восстанавливать работоспособность с ресурсом, близким к ресурсам новых машин, и внедрить агрегатный метод ремонта на предприятиях по их эксплуатации. Для техники, производимой в Республике Беларусь, целесообразно наладить фирменное обслуживание, что позволит повысить качество и ремонтпригодность машины за счет устойчивой обратной связи в процессе ее проектирования, производства и эксплуатации.

Другой существенный недостаток при производстве сложной техники состоит в том, что выходные параметры, закладываемые в конструкцию машины, рассматриваются без динамики в процессе эксплуатации. Так, основной выходной параметр в соответствии с функциональным назначением машины – производительность – принимается постоянной за межремонтный период.

Исследования по влиянию наработки с начала эксплуатации на производительность строительных и дорожных машин показали снижение эксплуатацион-

ной производительности в 2...3 раза за межремонтный цикл [5]. Снижение производительности сопровождается увеличением затрат на поддержание и восстановление работоспособности машины, что приводит в совокупности к большой интенсивности роста стоимости единицы механизированных работ.

С увеличением наработки с начала эксплуатации снижается годовое количество рабочего времени на более чем 50 % [5] и увеличиваются эксплуатационные затраты до 50 % [6]. Такие изменения технико-экономических показателей необходимо учитывать не только при планировании и организации эксплуатации машин, но и при оценке эффективности технических решений на этапах их проектирования и производства.

Основная задача – снижение затрат с обеспечением высоких показателей надежности – ставится в настоящее время перед производителем. Современный уровень развития науки и техники позволяет достичь любых показателей надежности. Однако повышение надежности связано с повышением стоимости изготовления машины. Поэтому при производстве машины необходимо рассматривать повышение надежности на основании снижения удельных суммарных затрат  $Z_{уд}$  и максимальной прибыли на единицу произведенной продукции  $\Pi_{уд}$ .

$$Z_{уд} = \frac{(C_u + C_э)}{H_{опт} \cdot \Pi_T} \rightarrow \min ; \quad (1)$$

$$\Pi_{уд} = \frac{C_H - (C_u + C_э)}{H_{опт} \cdot \Pi_T} \rightarrow \max , \quad (2)$$

где  $C_H$  – стоимость выполняемой работы машиной в соответствии с ее целевым назначением за наработку  $H_{опт}$ ;  $C_u$  – стоимость новой машины, включая затраты на проектирование, изготовление, испытание, отладку и доставку к месту работы;  $C_э$  – стоимость эксплуа-

тации машины с учетом обеспечения ее работоспособности за наработку  $N_{\text{ОПТ}}$ ;  $P_T$  – техническая производительность машины;  $N_{\text{ОПТ}}$  – наработка, соответствующая максимальной прибыли [7].

Как правило, целесообразно повышать затраты на изготовление и снижать их на обеспечение работоспособности машины. Однако при увеличении затрат на изготовление новых машин необходимо экономическое обоснование рационального распределения дополнительных затрат на повышение выходных параметров и надежности.

Увеличение затрат на повышение выходных параметров машины способствует росту  $\Delta C_H$  и  $\Delta C_Э$  (с увеличением интенсивности работы машины увеличиваются эксплуатационные расходы  $C_Э$ ).

Если дополнительные средства при создании новой машины будут направлены только на повышение надежности, то  $\Delta C_H$  возрастает, а  $\Delta C_Э$  соответственно снизится, при неизменных выходных параметрах получение высокой прибыли будет ограничено. Поэтому важно распределить дополнительные затраты на повышение выходных параметров и надежности, чтобы  $P_{\text{уд}}$  принимало максимальное значение  $N_{\text{ОПТ}}$ .

В сложившихся условиях решение задач по обеспечению работоспособности машин должно быть переориентировано на использование внутренних резервов с учетом снижения интенсивности роста эксплуатационных затрат и производительности на этапе эксплуатации их жизненного цикла. Потенциальные возможности повышения эффективности использования машин в строительной отрасли составляют до 80 % за счет совершенствования режимов их технического обслуживания, ремонта и диагностики [8], как показывает накопленный опыт, в том числе и на предприятиях строительной отрасли нашей страны.

### **Важнейшие факторы, влияющие на работоспособность машины**

Численные значения параметров, характеризующих способность машины выполнять заданные функции, устанавливаются в техническом задании при проектировании; обеспечиваются качеством изготовления, качеством сборки и обкатки при производстве; реализуются в процессе эксплуатации машины повышением или понижением области работоспособного состояния в зависимости от режимов технических обслуживаний и ремонтов, диагностического обеспечения, применяемых топлив и смазочных материалов, условий работы и т. д.

Интенсивность изменений выходных параметров, характеризующих работоспособность машины, зависит от множества факторов, которые можно объединить в три группы (рис. 1). Обеспечить высокий уровень работоспособности машины возможно только в результате комплексных взаимоувязанных мероприятий при ее проектировании, производстве и эксплуатации.

Критериями работоспособности новой машины при создании являются прочность, износостойкость, жесткость, теплостойкость, вибрационная устойчивость [3]. На этапе же эксплуатации основной критерий по обеспечению работоспособности машины – износостойкость. Потеря работоспособности более 80 % машин происходит вследствие износа [2]. Процесс изнашивания зависит от множества факторов, и величина износа носит случайный характер. Для определения потребности в запасных частях, прогнозирования ресурса, обоснования режимов ТО и ремонтов устанавливаются вид закона распределения износа, его характеристики и границы отклонения, средняя величина скорости изнашивания.

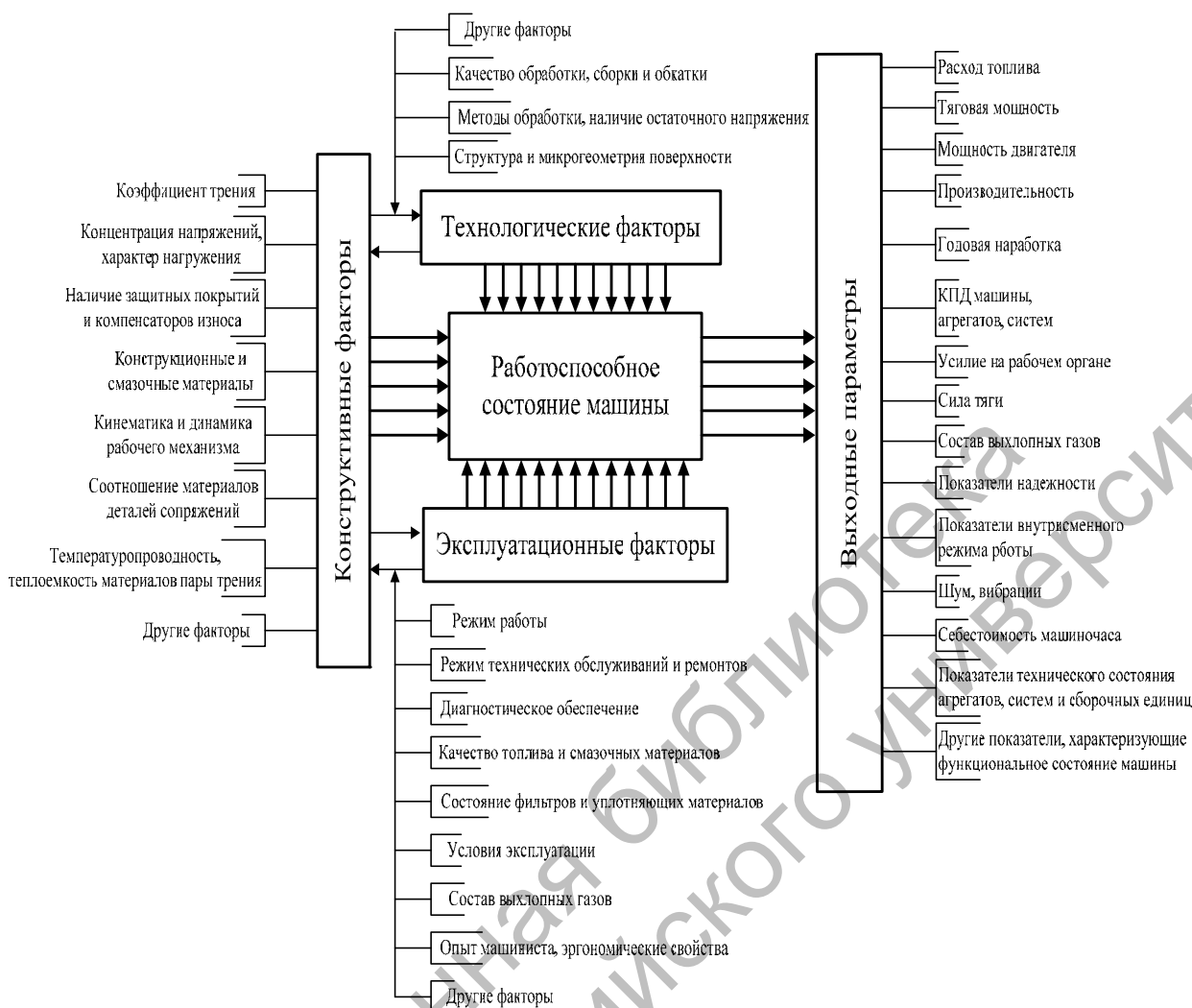


Рис. 1. Основные факторы, влияющие на работоспособность машины

На этапе эксплуатации машин факторы, характеризующие условия эксплуатации (температура окружающей среды, запыленность и влажность окружающей среды и др.), изменяют скорость изнашивания и влияют на конструктивные и технологические решения для повышения выходных параметров машины. Другими факторами (режимы нагружения; режимы обслуживания и ремонтов, повышение качества применяемых топлив, масел и технических жидкостей; токсичность выхлопных газов; очистка используемых масел и др.) можно управлять в процессе поддержания и восстановления работоспособности машины. Износ сопряжений непосредственно влияет на выходные параметры машины, снижая ее работо-

способность. Для управления изменением выходных параметров, характеризующих способность выполнить заданные функции, необходимо установить их зависимости от износа сопряжений, лимитирующих наработку работоспособного состояния.

Анализ показателей надежности гидрофицированных машин показывает, что самая низкая вероятность безотказной работы наблюдается в гидроприводе [9] (более 50 % отказов от общего количества). Исследования автора [10] подтверждают, что вероятность безотказной работы гидропривода погрузчика «Амкодор 332» к наработке 1000 моточасов оказалась самой низкой и составила 0,4.

Важнейшими факторами, лимити-

рующими наработку до отказа гидронасосов, гидродвигателей и аппаратуры управления, являются количество механических примесей в рабочей жидкости (РЖ) и их размеры (снижение размеров с 20 до 5 мкм увеличивает ресурс насосов в 10 раз). Заложив при проектировании тонкость очистки РЖ менее 5 мкм и максимальную наработку ее замены с учетом рекомендуемой технологии, можно обеспечить работоспособность основных элементов гидропривода на протяжении ресурса машины (фирма JSB обеспечивает тонкость очистки РЖ 1,5 мкм с наработкой ее замены 6000 моточасов, что позволяет стабилизировать техническую производительность на этапе эксплуатации). Заложенные параметры работоспособности на этапе проектирования и изготовления машины обеспечивают эксплуатацию в соответствии с функциональным назначением. Продолжительность работоспособности машины определяется не только совершенством конструкции и качеством изготовления, но и динамикой основных выходных параметров: производительности, себестоимости машиночаса, количества рабочего времени, КПД, комплексного показателя наработки и др.

С увеличением наработки машины с начала эксплуатации эти параметры значительно изменяются [5, 11] и достигают предельных значений, при которых дальнейшее использование машины нецелесообразно.

Рациональная эксплуатация может быть продлена при поддержании работоспособности машины в соответствии с рекомендациями производителя и организацией восстановления ее в соответствии с предложенным ранее методом ремонта и диагностики [10, 12]. Часовая эксплуатационная производительность машины зависит от внутрисменного режима работы, количество рабочего времени – от продолжительности технических обслуживаний и ремонтов (ТОР), а себестоимость машиночаса – от принятой системы ТОР и

уровня ее реализации.

Динамику выходных параметров машины можно определить диагностированием по параметрам, характеризующим изменение ее работоспособного состояния. Дополнительные затраты на диагностику и ремонт позволяют увеличить значения выходных параметров (КПД гидропривода и др.), что приведет к значительному снижению стоимости единицы продукции, повышению производительности, выручки и прибыли. Оценку технического состояния машины в целом можно производить по изменению таких параметров, как мощность, расход топлива, КПД, усилие на рабочем органе, состав выхлопных газов и др.

При предельном значении одного из выходных параметров машина теряет работоспособное состояние, и требуется техническое воздействие для восстановления численных значений выходных параметров. Интегральным выходным параметром машины является производительность, которая зависит от мощности, КПД, усилия на рабочем органе, внутрисменного режима работы, годовой наработки и др. Другим интегральным выходным параметром машины является себестоимость машиночаса, которая включает затраты, связанные с использованием машины в соответствии с функциональным назначением и с поддержанием и восстановлением ее работоспособности. Исследования показали, что затраты на топливо, смазочные материалы, технические жидкости и затраты на обеспечение работоспособности составляют более 70 % эксплуатационных затрат при использовании машины. Причем составляющие себестоимости машиночаса увеличиваются с повышением наработки машины с начала эксплуатации.

На этапе эксплуатации жизненного цикла машины оценку значений параметров, характеризующих ее работоспособное состояние, необходимо обеспечивать не по усредненным значениям с ука-

занием доверительной вероятности, а по фактическим, определяемым по результатам диагностирования и (или) индивидуального учета, который уже ведется на предприятиях дорожной отрасли – устанавливаются приборы на каждую машину, определяющие расход топлива, наработку, полезное время работы, простои и другие показатели. Для автоматизации оценки эффективности использования и обеспечения работоспособности машин предложены методы и алгоритмы определения наработки до предельного значения всех контролируемых параметров, характеризующих функциональное назначение машины [8, 10, 11].

Анализ динамики выходных параметров и экономическая оценка эффективности использования машины позволят определить изменения области работоспособности машины. Снижение интенсивности изменений контролируемых параметров и их качественное улучшение техническим воздействием расширят область работоспособного состояния машины.

#### **Метод обеспечения работоспособности СДМ с учетом изменений выходных параметров в процессе эксплуатации**

Получение максимальной прибыли при эксплуатации СДМ возможно при учете стоимости изготовления и ремонта, а также динамики выходных параметров в процессе наработки машины с начала эксплуатации. Приобретая или ремонтируя машину, важно прогнозировать наработку окупаемости затрат и возможность получения максимальной прибыли за этап эксплуатации жизненного цикла машины.

В [7, 14] были приведены основы определения наработок окупаемости затрат на приобретение, проведения ремонта и списания машины, при этом ее техническая производительность принималась постоянной за межремонтный цикл. Дальнейшие исследования показали, что техническая производи-

тельность для механических трансмиссий и систем управления изменялась из-за снижения работоспособности двигателя и не превышала допустимую погрешность расчетов для СДМ 10 % [2] при снижении эксплуатационной производительности до 70 %. Для гидрофицированных машин снижается техническая производительность за межремонтный цикл в 1,5...2 раза, что необходимо учитывать при обеспечении их работоспособности.

Для гидрофицированных машин техническая производительность в зависимости от наработки с начала эксплуатации  $H_i$  может корректироваться коэффициентом  $K_C$ , который можно определить по формуле

$$K_C = 1 - (\eta - \eta_i), \quad (3)$$

где  $\eta$  – КПД гидропривода новой машины;  $\eta_i$  – текущее значение КПД при наработке  $H_i$ .

Стоимость изготовления  $C_u$  машины окупается при выполнении полезной работы, дальнейшая эксплуатация машины приносит прибыль, которая зависит от изменений количества рабочего времени, производительности и себестоимости машиночаса в зависимости от наработки с начала эксплуатации. Динамика этих технико-экономических показателей приведена в [5, 10, 15, 16]. Она позволяет сделать вывод о целесообразности учета наработки с начала эксплуатации СДМ при планировании и организации строительного производства и обеспечения их работоспособности. Эту наработку можно учитывать через изменения коэффициентов внутрисменного использования машины  $K_{\Pi}$ , технического использования  $K_{\text{ТИ}}$  и снижения технической производительности  $K_C$ , а также себестоимости единицы производимой работы  $C_E^{\text{ПР}}$ . С учетом перечисленных изменяющихся от наработки выходных параметров прибыль  $\Pi$  от наработки по прибору  $H$  можно опреде-

лить по формуле

$$\Pi = (K_{HT} \cdot C_T - C_E^{PP}) \cdot \Pi_T \times \\ \times K_C \cdot K_{II}^X \cdot H \cdot K_{\Delta} - C_u, \quad (4)$$

где  $C_T$  – стоимость единицы выполненной работы, которая закладывается в смету и определяется в соответствии с нормативным документом [17], р./м<sup>3</sup> (р./м<sup>2</sup>, р./т);  $\Pi_T$  – техническая производительность машины, которая для гидрофицированных машин в зависимости от наработки может снижаться на 50 % и более, м<sup>3</sup>/ч (м<sup>2</sup>/ч, т/ч);  $K_{\Delta}$  – коэффициент эргономических свойств машины;  $K_{HT}$  – коэффициент, учитывающий повышение качества производимой работы при реализации перспективных технологий.

Приведенная себестоимость механизированных работ может определяться по формуле

$$C_E^{PP} = \frac{C_{MЧ} \cdot K_H}{\Pi_T \cdot K_C \cdot K_{II}}, \quad (5)$$

где  $C_{MЧ}$  – себестоимость машиночаса машины, которая возрастает с увеличением ее наработки, р./маш.-ч;  $K_H$  – коэффициент накладных расходов при производстве механизированных работ.

На основании (4) наработка окупаемости определяется приравнением правой части выражения к нулю, получается зависимость

$$H_{OK} = \frac{C_u}{(K_{HT} \cdot C_T - C_E^{PP}) \cdot \Pi_T \cdot K_C \cdot K_{II}^X \cdot K_{\Delta}}. \quad (6)$$

После наработки  $H_{OK}$  прибыль будет зависеть от роста себестоимости  $C_{MЧ}$  и снижения эксплуатационной производительности, а также от увеличения простоев в технических обслуживаниях и ремонтах, которые снижают количество рабочего времени.

Получаемую прибыль после наработки  $H_{OK}$  при использовании машины можно определять по формуле

$$\Pi = (K_{HT} \cdot C_T - C_E^{PP}) \cdot \Pi_T \times \\ \times K_C \cdot K_{II}^X \cdot K_{\Delta} \cdot (H - H_{OK}). \quad (7)$$

Величина прибыли до определенной наработки будет расти, а затем уменьшаться [7]. Важно в процессе эксплуатации машины определить наработку, соответствующую максимальной прибыли до капитального ремонта. Эта величина  $H_{OPT}$  (экономический ресурс) соответствует нулевому значению производной рассматриваемой зависимости (6). После наработки  $H_{OPT}$  при плановом текущем ремонте по результатам диагностики целесообразно провести агрегатный метод ремонта с заменой сборочных единиц и агрегатов, снижающих эффективность использования машины, на новые или капитально отремонтированные на специализированных предприятиях, что позволит увеличить ресурс машины.

Анализ количественных изменений выходных параметров после ремонта с учетом его стоимости позволяет определять эффективность проводимых мероприятий по восстановлению работоспособности машины. При внедрении агрегатного метода капитальный ремонт СДМ и агрегатов проводится при необходимости ремонтировать дорогостоящие базовые сборочные единицы или детали.

Исследования показали, что выходные параметры машины улучшатся после капитального ремонта, но численные значения интенсивности их изменений при увеличении наработки будут значительно уступать начальным значениям новой машины [2, 7, 8].

Получаемая прибыль после капитального ремонта может определяться, как и до ремонта, по аналогичной формуле

$$\Pi_P = (K_{HT} \cdot C_T - C_{EP}^{PP}) \cdot \Pi_{TP} \times \\ \times K_{CP} \cdot K_{II}^X \cdot K_{\Delta P} \cdot (H_P - H_{OKP}), \quad (8)$$



где  $C_{EP}^{IP}$ ,  $P_{TP}$ ,  $K_{IP}^X$ ,  $K_{ЭP}$ ,  $K_{CP}$ ,  $K_{HT}$ ,  $H_P$ ,  $H_{OKP}$  – соответствующие обозначения численных значений после ремонта.

Целесообразность проведения капитального ремонта машины определяется снижением затрат на 1 моточас наработки до ремонта и после.

Капитальный ремонт выгодно проводить при

$$\frac{C_u}{H_{OPT}} \geq \frac{C_p}{H_{OPTP}}, \quad (9)$$

где  $C_p$  и  $H_{OPTP}$  – затраты на капитальный ремонт и наработка после капитального ремонта соответственно.

При  $\frac{C_u}{H_{OPT}} \leq \frac{C_p}{H_{OPTP}}$  машину следует готовить к списанию с заменой на новую.

В реальных условиях эксплуатации машина может работать на различных объектах, выполняя различные технологические операции и объемы производства работ. Практически оценку эффективности ее использования целесообразно производить поэтапно, определяя суммарную прибыль за любые интервалы наработки.

В данном случае суммарная прибыль определяется по формуле

$$\Pi = \sum_{i=1}^n \Pi_i, \quad (10)$$

где  $\Pi_i$  – прибыль, получаемая от использования машины в  $i$ -м интервале наработки;  $n$  – количество рассматриваемых интервалов.

При планировании промежуточных углубленных текущих (сборочные единицы машины имеют разные ресурсы, которые требуют капитального ремонта в пределах от 50 до 100 % машины) и капитальных ремонтов за рассматриваемые интервалы можно принимать наработки с разовыми затратами по восстановлению работоспособности машины и наработки, не входящие в те-

кущие эксплуатационные затраты. В этом случае наработка списания машины будет определена по формуле

$$H_{СУМ} = H_{OPT} + \sum_{i=1}^k H_{OPTPi}, \quad (11)$$

где  $H_{OPT}$ ,  $H_{OPTPi}$  – оптимальная наработка до ремонта и после  $i$ -го ремонта соответственно.

Исследования автора показывают, что необходимо проводить средние ремонты с наработкой, равной ресурсу гидропривода машины, совмещая их с плановым текущим ремонтом.

Использование информационных технологий позволяет 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 [10, 14], а также данных предприятий-изготовителей по ресурсу СЕ, что позволит реализовать резервы повышения работоспособности СДМ и увеличить этап эксплуатации жизненного цикла конкретной машины.

### Заключение

1. Для обеспечения работоспособности машины и экономии ресурсов страны на этапе эксплуатации жизненного цикла целесообразно проводить работы на основе минимальных удельных суммарных затрат и максимальной прибыли на единицу производимой продукции.

2. Изменения выходных параметров машины, при использовании ее в соответствии с функциональным назначением, целесообразно учитывать на всех этапах жизненного цикла.

3. Режимы ремонтов на этапе эксплуатации жизненного цикла машины необходимо определять с учетом изменений ее выходных параметров по предложенному методу, позволяющему получить максимальную прибыль и суммарную наработку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Проников, А. С.** Параметрическая надежность машин / А. С. Проников. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 560 с.
2. **Зорин, В. А.** Основы работоспособности технических систем : учебник для вузов / В. А. Зорин. – М. : Магистр-Пресс, 2005. – 536 с.
3. **Скойбеда, А. Т.** Детали машин и основы конструирования : учебник / А. Т. Скойбеда, А. В. Кузьмин, Н. Н. Майданчик ; под общ. ред. А. Т. Скойбеды. – 2-е изд., перераб. – Минск : Выш. шк., 2006. – 560 с.
4. Положение о гарантийном сроке эксплуатации сложной техники и оборудования : Постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 27.06.2008 г. № 952 // Консультант Плюс : Беларусь [Электронный ресурс] / ЮрСпектр, Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2008.
5. Влияние наработки с начала эксплуатации на производительность строительных и дорожных машин и себестоимость механизированных работ / А. Н. Максименко [и др.] // Строительная наука и техника. – 2009. – № 6. – С. 73–76.
6. Влияние наработки на технико-экономические показатели строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко [и др.] // Грузовик &. – 2007. – № 2. – С. 32–36.
7. **Максименко, А. Н.** Оценка эффективности использования изделий машиностроения / А. Н. Максименко, В. А. Максименко, А. А. Максименко // Вестн. МГТУ. – 2005. – № 2. – С. 98–103.
8. **Максименко, А. Н.** Эксплуатация строительных и дорожных машин : учеб. пособие / А. Н. Максименко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
9. **Рубайлов, А. В.** Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин : учебник / А. В. Рубайлов, Ф. Ю. Керимов, В. Я. Дворковой ; под ред. Е. С. Локшина. – М. : Академия, 2007. – 512 с.
10. Влияние качества изготовления и технической эксплуатации на работоспособность строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко [и др.] // Строительная наука и техника. – 2009. – № 3. – С. 68–73.
11. Информационные технологии в определении себестоимости машиночаса строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко [и др.] // Строительная наука и техника. – 2009. – № 2. – С. 86–92.
12. **ДМД 09191.7.008-2009.** 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.
13. Индивидуальная оценка эффективности использования машин в дорожной отрасли / А. Н. Максименко [и др.] // Автомобильные дороги и мосты. – 2011. – № 1. – С. 78–86.
14. Влияние наработки с начала эксплуатации на эффективность использования строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко [и др.] // Строительная наука и техника. – 2007. – № 6. – С. 73–77.
15. **Максименко, А. Н.** Определение целесообразности использования строительно-дорожных машин и оценка эффективности их эксплуатации / А. Н. Максименко, Д. Ю. Макацария, В. В. Кутузов // Механизация строительства. – 2009. – № 3. – С. 14–20.
16. **Максименко, А. Н.** Планирование годового количества рабочего времени и годовой наработки строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко, В. В. Кутузов, А. Н. Сидоров // Автомобильные дороги и мосты. – 2010. – № 1. – С. 77–81.
17. Методические рекомендации о порядке разработки индивидуальных ресурсно-сметных норм : приказ М-ва архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь от 18.06.2010 г. № 217 // Консультант Плюс : Беларусь [Электронный ресурс] / ЮрСпектр, Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2010.

*Статья сдана в редакцию 12 апреля 2012 года*

**Алексей Никифорович Максименко**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. Тел.: 8-0222-22-92-82. E-mail: maksimenko-bru@yandex.ru.

**Aleksei Nikiforovich Maksimenko**, PhD, Associate Professor, Belarusian-Russian University. Тел.: 8-0222-22-92-82. E-mail: maksimenko-bru@yandex.ru.