

УДК 629.7.07

**ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

канд. техн. наук, доц. В.В. КУТУЗОВ
(Белорусско-Российский университет, Могилев);
канд. техн. наук, доц. Б.М. МОРГАЛИК; Е.А. КОЛЮКОВИЧ
(Могилевский государственный университет продовольствия)

На примере фронтального погрузчика рассматриваются и анализируются изменения технико-экономических показателей машины на этапе эксплуатации ее жизненного цикла. Основным инструментом проведения исследований являются результаты технико-экономического моделирования, позволяющие в сокращенные сроки спрогнозировать состояние объекта и определить его технико-экономические показатели, которые являются критерием целесообразности дальнейшего использования объекта для решения практических и производственных задач.

Ключевые слова: *технико-экономическое моделирование, эксплуатация, погрузчик, производительность, прибыль.*

Введение. Техничко-экономическое моделирование применительно к исследованиям различных этапов жизненного цикла технических объектов приобрело большое значение в связи с широкими возможностями цифровых технологий, которые позволяют получать смоделированное количественное, качественное, в том числе и визуализированное представление о результатах исследований, которые связаны с поведением технического объекта на любом этапе жизненного цикла, в различных режимах его функционирования [1; 2]. Итогом технико-экономического моделирования является повышение результативности решений в сфере качества эксплуатации технических объектов и степени экономической целесообразности применения объекта при решении реальных производственных задач.

Техничко-экономическое моделирование, используемое для анализа экономических показателей наблюдаемого объекта, позволяет оценить перспективную рентабельность его функционирования на том или ином производственном объекте [2], а в случае анализа технических параметров в процессе функционирования – и необходимость его технического обслуживания, которая во многом определяется значениями параметров состояния сборочных единиц, значениями параметров износа рабочего оборудования, систем технического объекта и наработкой на отказ в целом. Следует также отметить, что нередко предприятия, приобретая новую технику, руководствуются ограниченной информацией о ее качестве, надежности, ремонтпригодности и в целом экономической обоснованности ее использования на тех или иных работах, что влечет за собой вероятность принятия неконкурентоспособных решений. В данном случае, чтобы исключить вероятность принятия подобных решений, необходимо использовать отмеченное выше технико-экономическое моделирование, которое позволяет оценить возможность возврата инвестиций при приобретении того или иного технического объекта и использовании его на производстве.

Целесообразность эксплуатации объектов с применением технико-экономического моделирования. Рассматривая вопрос надежности технического обслуживания и восстановления работоспособности технических объектов в контексте технико-экономического моделирования, необходимо отметить, что показатели надежности и закладываемого ресурса конструктивных элементов технических объектов следует учитывать ещё на стадии проектирования. На основании сказанного, а также принимая во внимание утверждение В.В. Медведева [3], можно сделать вывод, что изменение вероятности безотказной работы любого конструктивного элемента обуславливает пропорциональное изменение вероятности безотказной работы технического объекта в целом, а наибольшее значение вероятности безотказной работы конструктивного элемента достигается при минимуме суммарных затрат на приобретение технического объекта и его дальнейшую эксплуатацию в течение нормативного срока службы.

Таким образом, *технико-экономическое моделирование* позволяет учесть все затраты на технику уже на стадии проектирования с учетом показателей надежности и предусматривает полное и точное определение всех затрат, поскольку они определяют выбор того или иного варианта конструктивного решения.

Учет показателей надежности конструктивных элементов совместно с технико-экономической моделью технического объекта при сравнительно невысоких затратах на программные и аппаратные ресурсы позволит [4–6]: спрогнозировать целесообразность использования объекта в реальных условиях; установить полезный срок службы; назначить своевременные периодичности проведения мероприятий по поддержанию и восстановлению работоспособности объектов; рассчитать наработки окупаемости, прибыльной и убыточной эксплуатации, сроки амортизации объекта, а также экономически обоснованные сроки списания объекта. Для решения подобных задач широко применяются методы, основанные на обеспечении минимальных приведенных затрат.

В рассматриваемом варианте в качестве основы заложено получение максимальной прибыли от эксплуатации машины с обеспечением высоких значений эксплуатационной производительности и максимально возможного, экономически целесообразного срока эксплуатации машины. Для понимания целесообразности использования инструментов технико-экономического моделирования необходимо рассмотреть пример, который позволит поставить актуальные задачи моделирования, обозначить пути их решения и оценить целесообразность применения инструментов в конкретной области.

Важность рассмотрения объекта в разрезе всего жизненного цикла оговаривается и в стандартах менеджмента качества ISO серии 9000. Этапы жизненного цикла объекта согласно ISO 9000 после его изготовления представлены на рисунке 1.

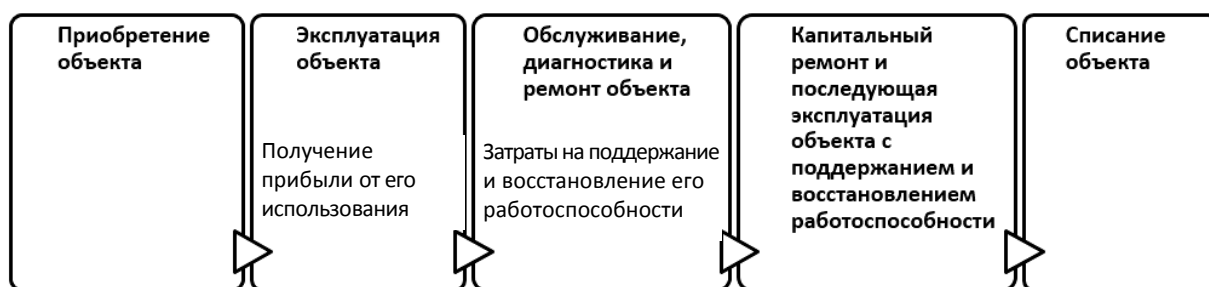


Рисунок 1. – Этапы жизненного цикла объекта после его изготовления

В качестве примера рассмотрим эксплуатацию фронтального погрузчика грузоподъемностью три тонны. Ресурс погрузчика, согласно руководству по эксплуатации [7], составляет 6000 моточасов с периодичностью проведения ремонтов, ТО-2 и ТО-1, равных соответственно 1000, 250 и 50 моточасов.

Значение технической производительности для нового погрузчика составляет 121 м³/ч при погрузке грунтов 1...3-й категории в самосвал. С увеличением наработки с начала эксплуатации при выполнении аналогичных операций производительность снижается вплоть до 70 м³/ч (рисунок 2).

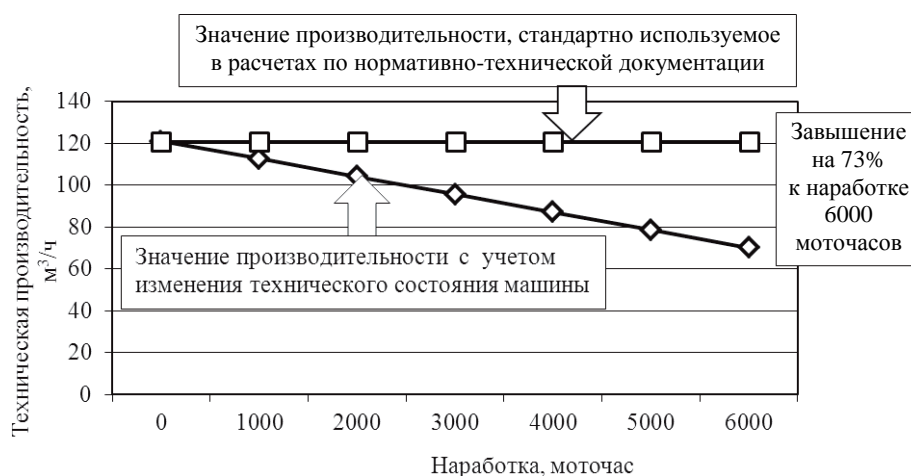


Рисунок 2. – Зависимость изменения технической производительности погрузчика от наработки с начала эксплуатации

На снижение производительности существенное влияние оказывает увеличение времени цикла рабочих операций машины, техническое состояние ее сборочных единиц. Так, для исследуемого погрузчика время цикла увеличилось с 52 до 66 секунд в зависимости от наработки с начала эксплуатации из-за снижения КПД элементов гидропривода.

Изменение производительности отражается на уменьшении объемов выполняемых работ и прибыли от них получаемой. В результате запланированные объемы работ превышаются на 75% по сравнению с теми, которые может выполнить машина (рисунок 3). Изменение технического состояния машины влияет на изменение себестоимости машиночаса (рисунок 4). Происходит увеличение затрат на топливо и смазочные материалы, техническое обслуживание и технические ремонты, составляющих основу всех эксплуатационных затрат, что в конечном итоге увеличивает стоимость выполняемых работ погрузчиком и снижает получаемую прибыль от его работы для предприятия. Проведение мероприятий, связанных с поддержанием и восстановлением работоспособности машины (техническое обслуживание, ремонты, диагностирование), позволяет замедлить ухудшение технического состояния и снижение производи-

ности машины и других показателей ее работы. Предварительное моделирование изменения технического состояния машины и изменения ее технико-экономических показателей дает возможность организации планировать и организовывать свои трудовые, материальные и временные ресурсы наиболее эффективно. В реальной эксплуатации объект способен работать в различных условиях с выполнением различных технологических операций и объемов работ. Практически оценку эффективности его использования целесообразно проводить поэтапным моделированием с определением суммарной прибыли за установленные интервалы наработки. Основным принципом, подлежащим реализации в рассматриваемой исследовательской задаче, является использование совокупности различных видов моделирования, к числу которых необходимо отнести аналитико-имитационное моделирование, математическое и стохастическое.

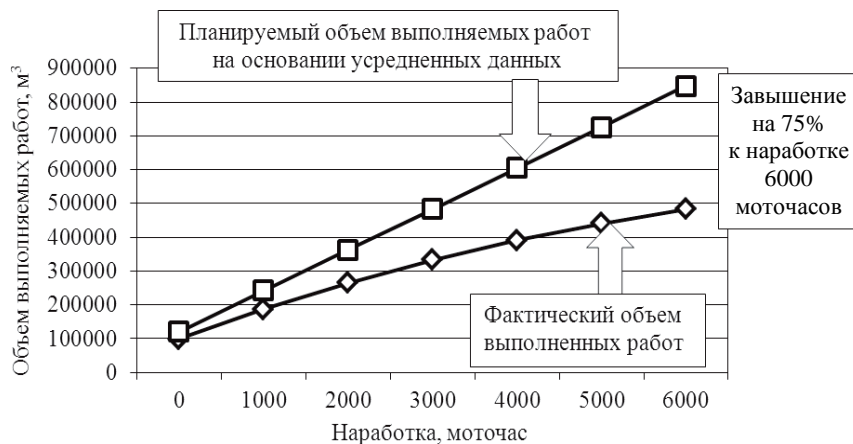


Рисунок 3. – Изменение плановых и фактических объемов работ в зависимости от наработки с начала эксплуатации



Рисунок 4. – Распределение эксплуатационных затрат себестоимости машиночаса по погрузчику в процентном отношении

Аналитико-имитационное моделирование предполагает замену изучаемого объекта имитирующим объектом (моделью), что, в свою очередь, предполагает использование совокупности математических моделей, которые с определенной степенью точности могут формализовать объект исследования. Математические модели в данном случае выступают в роли «несущих» или основных, которые характеризуют объект в целом, его основные параметры и процессы. Изменение производительности машины, себестоимости машино-часа и других технико-экономических показателей учитывалось при моделировании работы взятого в качестве примера фронтального погрузчика (рисунок 5). Результаты моделирования выделили четыре ярко выраженных этапа работы машины: *первый этап* – окупаемость затрат на приобретение машины (затраты на ТО фиксированы; на ремонты – отсутствуют; прибыль от работы растет); *второй этап* – прибыльная работа, с ростом прибыли все затраты на эксплуатацию машины меньше получаемой прибыли от её работы; *третий этап* – прибыльная работа (со спадом прибыли все затраты

на эксплуатацию машины начинают увеличиваться); *четвертый* – работа в убыток (затраты на поддержание и восстановление начинают значительно превышать прибыль от работы машины).



Рисунок 5. – Суммарная прибыль, получаемая при эксплуатации погрузчика в зависимости от наработки с начала эксплуатации

Первый этап характеризуется высокой производительностью, максимальными объемами полезно-выполняемой работы и работоспособностью машины, затраты на ремонты отсутствуют или очень малы, в основном затраты связаны с техническим обслуживанием, расходом топлива и смазочных материалов. Наблюдается высокая интенсивность роста экономического эффекта от работы машины. Продолжительность данного этапа и последующих существенно зависит от стоимости прибыли, получаемой за выполнение объемов работ. *Второй и третий этапы* – этапы прибыльной эксплуатации, после наработки окупаемости, равной 1400 моточасов. Организация вернула денежные средства, затраченные на приобретение объекта, и получает прибыль от ее эксплуатации. Затраты, связанные с поддержанием и восстановлением работоспособности, намного ниже получаемой прибыли. После 4000 моточасов (оптимальная наработка эксплуатации) работы машины затраты на обеспечение её работоспособности начинают возрастать, и общая прибыль снижается. После наработки 6650 моточасов затраты на ремонт существенно возрастают по сравнению с получаемой прибылью – начинается *четвертый этап* убыточной эксплуатации.

Основная задача при эксплуатации объекта – повышать его наработку на втором этапе, увеличивая наработку оптимальной эксплуатации по максимуму, а с её достижением проводить корректировки режимов эксплуатации и мероприятий по поддержанию и восстановлению работоспособности с целью повышения выходных параметров при выполнении полезной работы. Также важным моментом является определение целесообразных сроков прекращения эксплуатации объекта с целью постановки его на капитальный ремонт или списания. Для конкретной машины рациональной наработкой для прекращения эксплуатации машины будет наработка, рекомендуемая руководством по эксплуатации, которая составляет 6000 моточасов. Важный аспект эксплуатации объекта, учитываемый в технико-экономическом моделировании, – это выявление снижения значений выходных параметров (время рабочего цикла, удельный расход топлива, иные технические и экономические параметры), при которых использование машины становится убыточным. Отслеживание значений упомянутых выходных параметров в режиме функционирования наблюдаемого объекта является обязательным условием эксплуатации машин, что в эксплуатирующихся организациях возможно только при внедрении диагностирования, которое позволит своевременно заменить сборочные единицы при плановых ТО и ремонтах. Например, максимально используя методы неразрушающего диагностирования гидропривода машин [8–10]. Таким образом, становится понятно, что изменение технико-экономических показателей работы машины и ее технического состояния возможно прогнозировать путем моделирования, обеспечивая тем самым своевременное выполнение необходимых мероприятий по эффективной эксплуатации, а также по поддержанию и восстановлению работоспособности объекта на уровне, определяемом экономической целесообразностью его использования.

Концепция технико-экономического моделирования предполагает такой подход, при котором осуществляется учет первичной информации об эксплуатации машины, удовлетворяющий требованиям достоверности, непрерывности и достаточности. Информация собирается из различных источников (отделов предприятия) в единую базу данных, где осуществляется подготовка информации к обработке. Затем следует ее анализ и обработка на основании разработанных технико-экономических моделей с выдачей результатов о текущем уровне эксплуатации объекта, эффективности ее использования и о необходимых мероприятиях для обеспечения безотказной работы объекта. Используя методы моделирования на основе собранной информации об объектах наблюдений, можно осуществлять прогнозирование таких показателей, как: эффективность эксплуатации машины; возможные получаемые прибыли от ее эксплуатации; изменение

себестоимости машиночаса и стоимости выполнения работ, затрат, связанных с поддержанием и восстановлением работоспособности; определение рациональной периодичности проведения ремонтов и других выходных параметров, закладываемых в математическую модель.

Заключение. Техничко-экономические методы и математические модели, включающие в себя множество факторов, реализованные в виде специального программного обеспечения и позволяющие выполнить все расчеты в автоматическом режиме, могут быть востребованы конечным потребителем техники. Так, оператор сможет наблюдать за показателями эффективности работы машины, следить за изменением технического состояния и прогнозировать своевременность выполнения мероприятий по обслуживанию и ремонтам в зависимости от технического состояния машины. Руководитель организации сможет своевременно получать информацию по прибыли или убыткам от эксплуатации парка машин; сможет выявлять убыточные и прибыльные для организации виды работ и машины, их выполняющие, что упростит прогнозирование рентабельности предприятия. Будет также очевидна реальная картина экономической ситуации предприятия на основе принятых решений по вопросам использования машин и механизмов, а также приобретения их новых экземпляров и списания старых. Кроме того, решения о приобретении техники будут приниматься не только исходя из стоимости, но и прогнозируемых затрат на ее эксплуатацию на всем жизненном цикле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Повышение этапа эксплуатации жизненного цикла гидрофицированных машин / А.Н. Максименко [и др.] // Строительная наука и техника. – 2011. – № 4. – С. 42–45.
2. Оценка эффективности этапов жизненного цикла строительных и дорожных машин с учетом изменений технико-экономических показателей в процессе их эксплуатации / А.Н. Максименко [и др.] // Грузовик. – 2013. – № 4. – С. 21–29.
3. Медведев, В.В. Применение имитационного моделирования для обеспечения надежности и безопасности судовых энергетических установок / В.В. Медведев. – СПб. : Страта, 2013. – 352 с.
4. Максименко, А.Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин : учеб. пособие / А.Н. Максименко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
5. Максименко, А.Н. Оценка эффективности этапов жизненного цикла машины с учетом изменения технико-экономических показателей в процессе ее эксплуатации / А.Н. Максименко, В.В. Кутузов, Е.В. Кутузова. – Саарбрюккен (Германия) : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 188 с.
6. Оценка эффективности этапа эксплуатации жизненного цикла машины с учетом динамики выходных параметров в процессе ее использования / А.Н. Максименко [и др.] // Изв. Нац. акад. наук Беларуси. Серия физ.-техн. наук. – 2015. – № 1. – С. 52–59.
7. Погрузчики фронтальные одноковшовые (Амкодор 332В, Амкодор 332В4, Амкодор 342В, Амкодор 342В-01, Амкодор 342В4, Амкодор 352, Амкодор 352-10). Погрузчики торфа (Амкодор 342Р, Амкодор 342Р-01, Амкодор 342Р4, Амкодор 342Р4-01). Погрузчики универсальные (Амкодор 332С4, Амкодор 332С4-02, Амкодор 342С4, Амкодор 34204-02, Амкодор 352С, Амкодор 352С-01, Амкодор 352С-02, Амкодор 352С-10). Лесопогрузчики фронтальные универсальные (Амкодор 352Л, Амкодор 352Л-01, Амкодор 352Л-02) : Рук. по эксплуатации 342В.00.00.000РЭ / Л.Л. Гуменников [и др.]. – Минск : Амкодор, 2010. – 286 с.
8. Обеспечение работоспособности гидропривода технических средств / А.Н. Максименко [и др.] // Главный механик. – 2013. – № 8. – С. 11–18.
9. Определение остаточного ресурса гидропривода машин / А.Н. Максименко [и др.] // Грузовик. – 2015. – № 5. – С. 36–43.
10. Повышение работоспособности гидропривода строительных и дорожных машин при внедрении агрегатного метода ремонта и диагностики / А.Н. Максименко [и др.] // Грузовик. – 2010. – № 4. – С. 5–11.

Поступила 06.02.2019

FEATURE OF OPERATION OF OBJECTS WITH THE APPLICATION OF TECHNICAL AND ECONOMIC MODELING

V. KUTUZOV, B. MORGALIK, E. KOLIUKOVICH

The article examines and analyzes changes in the technical and economic indicators of the machine at the stage of operation of its life cycle on the example of a front loader. The main tool of research is the results of technical and economic modeling, which allows, in a shorter period, to predict the state of an object and determine its technical and economic indicators, which are a criterion for the expediency of further using the object to solve practical and production problems.

Keywords: technical-economical simulating, operation, fork-lift, efficiency, profit.