

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ СРОКА ЗАМЕНЫ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ЗАДАННОМ ПЕРИОДЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИМ ПРЕДПРИЯТИЯ

Т.В. Дынченкова

dtv17m093@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Для лица, принимающего решения на предприятии, Первоначальная стоимость оборудования, переменные эксплуатационные затраты, остаточная стоимость оборудования, изменения состояния оборудования, метод динамического программирования процесс замены оборудования, шаговая функция затрат, расчет последовательности функций, оптимальная траектория процесса, рекуррентные уравнения Беллмана

Для лица, принимающего решения на предприятии, Первоначальная стоимость оборудования, переменные эксплуатационные затраты, остаточная стоимость оборудования, изменения состояния оборудования, метод динамического программирования процесс замены оборудования, шаговая функция затрат, расчет последовательности функций, оптимальная траектория процесса, рекуррентные уравнения Беллмана

Для лица, принимающего решение, при заданном периоде обеспечения предприятия оборудованием (или выделенных финансовых средствах на содержание оборудования) по критерию минимума затрат на приобретение и эксплуатацию оборудования за весь заданный (или рассчитанный исходя из выделенных финансовых средств) период обеспечения им предприятия в виде их суммы годовых составляющих определить оптимальный срок замены оборудования.

Ключевые слова

Первоначальная стоимость оборудования, переменные эксплуатационные затраты, остаточная стоимость оборудования, изменения состояния оборудования, метод динамического программирования процесс замены оборудования, шаговая функция затрат, расчет последовательности функций, оптимальная траектория процесса, рекуррентные уравнения Беллмана

Поступила в редакцию 19.12.2022

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022

Одной из наиболее актуальных задач в области эксплуатации техники является установление оптимальных сроков ее эксплуатации (замены). Общий подход к решению подобных задач для изделий промышленности давно известен и широко используется в мировой и отечественной практике. В работах [1–8] предложен принцип обеспечения минимума полных затрат на приобретение и эксплуатацию техники, приходящиеся на единицу выполняемой работы. Снижение затрат достигалось путем перераспределения составляющих затрат между сферами производства и эксплуатацией техники. Изменившиеся условия социально-экономического развития и современные рыночные условия хозяйствования привели к предпочтительности задач оптимизации затрат на приобретение и эксплуатацию техники за весь период в виде суммы за годы, т. е. к аддитивности этого годового экономического показателя. Задачи этого типа известны в литературе [9, 10] под названием «задач о замене» и решаются методом динамического программирования.

В обеспечении предприятий оборудованием можно применять различные стратегии замены. В любом случае стремятся минимизировать затраты на замену и эксплуатацию оборудования на предприятиях. Модель процесса замены оборудования на основе метода динамического программирования

в прямом времени позволяет, начиная с первого шага (года), неограниченно долго рассчитывать минимальные затраты на содержание данного типа оборудования и выделить на любом текущем шаге оптимальный срок его замены. В связи с этим для осуществления процесса замены оборудования идентичным новым и определения оптимального срока замены оборудования предложена разработанная на основе моделирования процесса замены оборудования методом динамического программирования в прямом времени методика обоснования срока замены оборудования при заданном периоде обеспечения им предприятия или выделенных финансовых средств на его содержание.

Методика представлена на рисунке и содержит три этапа, а именно: этап выбора условия решения задачи и формирование исходных данных в модель, этап моделирования процесса замены оборудования на основе метода динамического программирования в прямом времени и завершающий этап, который определяет процесс завершения работы методики.

На первом этапе методики в блоке 1 из предлагаемых двух вариантов условия решения задачи выбирают один, для которого на остальных этапах методики рассчитывают срок замены оборудования. Условиями являются период T обеспечения предприятия определенным типом оборудования или выделенные финансовые средства $C_{огр}$ на их содержание (в работе $C_{огр}$ учитывают переменные затраты на эксплуатацию оборудования).

В блоке 2 проводят учет особенностей функционирования оборудования и осуществляют сбор исходных данных в соответствии с принятой функцией шаговой целевой функции затрат.

В качестве исходных данных используют:

N — заданный срок замены оборудования, лет;

C_0 — первоначальную стоимость оборудования, тыс. руб.;

$C_{ост}(t)$ — функцию изменения остаточной стоимости оборудования, тыс. руб.;

$C_3(t)$ — функцию изменения переменных эксплуатационных затрат оборудования, тыс. руб.

При этом функции необязательно должны быть непрерывными и дифференцируемыми. Они могут быть заданы и в табличном виде.

Изменение остаточной стоимости оборудования определяют с учетом возможной (рыночной) цены покупки ее потребителем путем статистической обработки данных по остаточной стоимости оборудования с различными сроками эксплуатации.

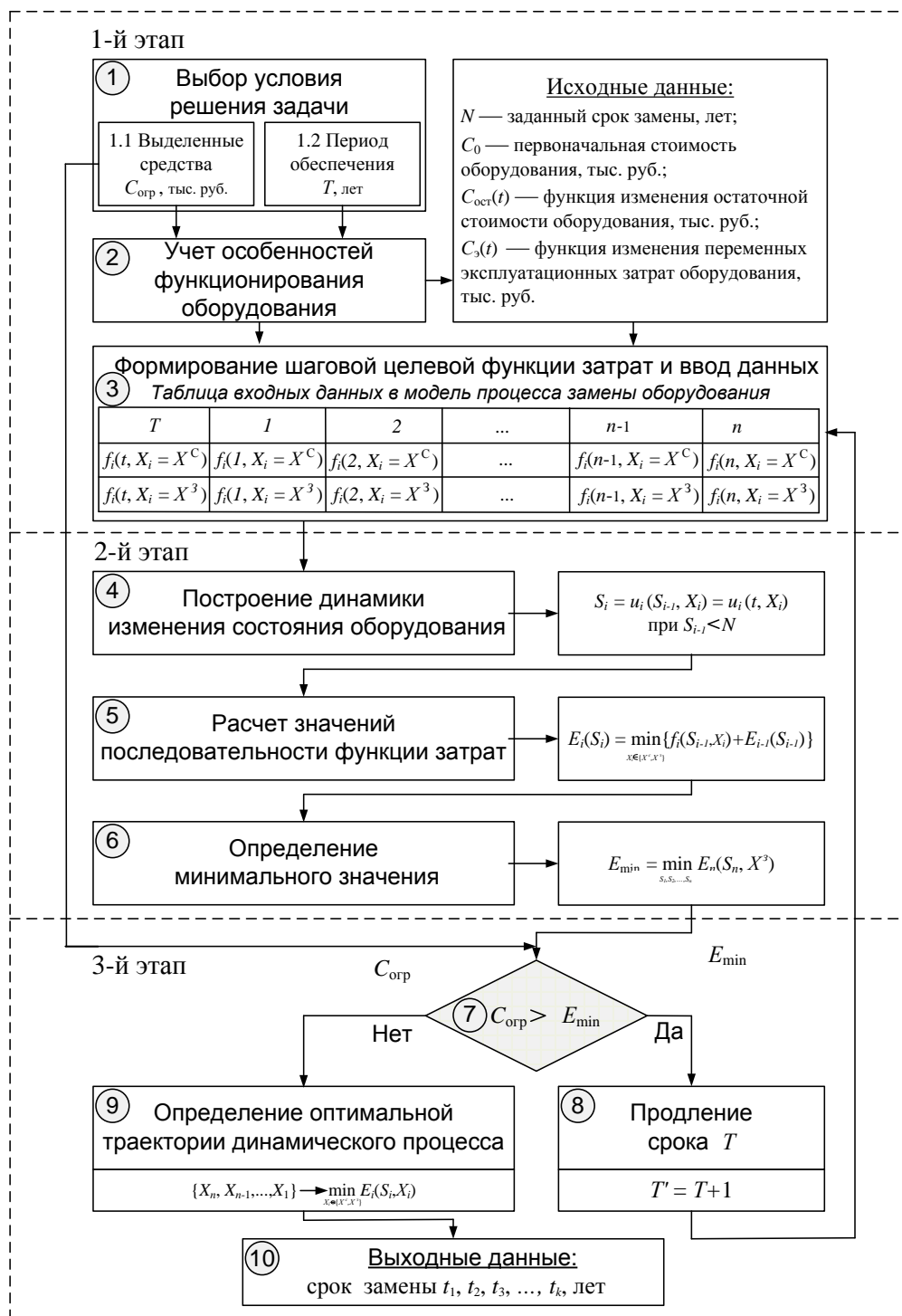


Рис. 1. Схематическое описание методики обоснования срока замены оборудования при заданном периоде обеспечения им предприятия

Функция изменения переменных эксплуатационных затрат характеризует степень надежности оборудования как объекта эксплуатации. При этом учитывают только те затраты, которые изменяются в зависимости от времени. Постоянные затраты (например, на техническое обслуживание оборудования) из расчета исключают, поскольку они имеют место как при новом оборудовании, так и при старом, а поэтому не могут влиять на определение срока его замены. Переменными эксплуатационными затратами на поддержание надежности являются затраты на оплату труда ремонтного персонала, на запасные части и материалы и, наконец, на компенсацию простоев оборудования. Поскольку переменные эксплуатационные затраты характеризуют надежность оборудования, их определяют по статистическим данным.

В блоке 3 осуществляют формирование шаговой целевой функции затрат $f_i(S_{i-1}, X_i) = f(t, X_i)$ и построение таблицы входных данных для моделирования процесса замены оборудования методом динамического программирования в прямом времени.

Результатом выполнения первого этапа методики является сформированный в блоке 3 набор данных, которые служат входными для модели процесса замены оборудования, представленный в табличном виде:

T — заданный период обеспечения (использования) оборудования ($T = 1, 2, \dots, n$);

$f_i(S_{i-1}, X_i) = f_i(t, X_i = X^c)$ — шаговая целевая функция затрат на i -м шаге, соответствующая управлению $X_i = X^c$ (сохранение оборудования для дальнейшей эксплуатации);

$f_i(S_{i-1}, X_i) = f_i(t, X_i = X^3)$ — шаговая целевая функция затрат на i -м шаге, соответствующая управлению $X_i = X^3$ (замена оборудования новым).

В таблице (см. блок 3 на рисунке) период $T = N$, когда согласно условию задачи заданы выделенные средства $C_{огр}$ на содержание оборудования. Для условия, когда задана продолжительность обеспечения предприятия данным типом оборудования, — в течение заданного периода T .

На втором этапе методики осуществляют моделирование процесса замены оборудования на предприятии с использованием метода динамического программирования в прямом времени, в результате которого определяют минимальные затраты E_{\min} на содержание типа оборудования в течение заданного периода T . Логическая схема второго этапа методики представлена тремя блоками — 4–6.

В блоке 4, с учетом ограничения $S_{i-1} < N$, осуществляют построение динамики изменения состояния оборудования $S_i = u_i(S_{i-1}, X_i) = u_i(t, X_i)$.

В блоке 5 в соответствии с рекуррентными уравнениями Беллмана «с начала в конец» проводят расчет последовательности функций $E_i^*(S_i)$.

В блоке 6 осуществляют определение значения E_{\min} и состояние $S_n(t)$, при котором значение функции Беллмана минимально. Рассчитанное для периода T значение E_{\min} является выходным показателем второго этапа методики.

На третьем этапе, когда заданы $C_{\text{отр}}$, в блоке 7 проверяют выполнение условия, при котором выделенные финансовые средства на содержание типа оборудования больше расчетным E_{\min} .

При выполнении условия $C_{\text{отр}} > E_{\min}$ осуществляют переход в блок 8, где принятый период T увеличивают на один год. Дальнейшее действие методики осуществляют циклически по блокам 3–7 до тех пор, пока значение показателей в блоке 7 перестанет удовлетворять требованию $C_{\text{отр}} > E_{\min}$.

При невыполнении условия в блоке 7, а также когда согласно условию задачи задают период обеспечения предприятия типом оборудования, осуществляют переход в блок 9.

В блоке 9 проводят определение оптимальной траектории динамического процесса. Алгоритмом «обратной прогонки», перемещаясь с конечного n -го до первого i -го шага в модели, выделяют параметры управления X_i с решениями X^c и X^3 , по результатам которых определяют срок замены оборудования.

Результатом методики в блоке 10 является рассчитанный срок замены оборудования в течение заданного или рассчитанного (исходя из выделенных финансовых средств на содержание типа оборудования) периода обеспечения им предприятия.

Таким образом, разработанная методика обоснования срока замены оборудования при заданном периоде обеспечения им предприятия по критерию минимума затрат на приобретение и эксплуатацию за весь заданный или рассчитанный исходя из выделенных финансовых средств период обеспечения им предприятия в виде их суммы годовых составляющих позволяет определить оптимальный срок замены оборудования.

Основными достоинствами разработанной методики по сравнению с известными подходами, являются: использование в расчетах экономико-математической модели динамического программирования, позволяющей применять различные целевые функции, простота, доступность используемых исходных данных, относительно небольшая трудоемкость вычислений. Практическое применение методики позволит подготовить научно обоснованные рекомендации по срокам замены различного оборудования на предприятиях. После адаптации методика может быть использована для обоснования сроков замены других средств.

Литература

- [1] Булгаков Н.Ф. Статистические модели оптимизации и управления эксплуатационной надежностью автотранспортных средств. Дисс. ... док. тех. наук. Красноярск, ГТУ, 2000.

- [2] Жарковский И.М., Баршай И.Л., Свидунович Н.А. и др. Технологические методы обеспечения надежности деталей машин. Минск, Высшая школа, 2005.
- [3] Кравчук П.В. Методы экономической оценки технологий и изделий двойного применения в системе внебюджетного финансирования оборонных программ. Дисс. ... канд. экон. наук. М., Финансовая академия, 1995.
- [4] Комплексная методика оценки эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса. Методические рекомендации и комментарии по их применению. М., Информэлектро, 1989.
- [5] Жидкова М.А. Методические основы определения экономической целесообразности срока службы легкового автомобиля такси. Дисс. ... канд. экон. наук. М., МАДИ, 1998.
- [6] Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. М., Транспорт, 1990.
- [7] Соловьева М.Х. Методы управления процессом замены оборудования предприятия. Дисс. канд. тех. наук. М., Рос. акад. гос. службы при Президенте РФ, 2008.
- [8] Логунова Н.Ю. Информационная система «Обновление и замена технологического оборудования хлебозавода. Автореф. дисс. ... канд. тех. наук. М., МГУПП, 2007.
- [9] Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. М., Наука, 1965.
- [10] Корнеев В.П. Методы оптимизации. М., Высшая школа, 2007.

Дынченкова Татьяна Вячеславовна — студентка кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Дынченков Вячеслав Сергеевич, старший преподаватель 6-й кафедры «Материально-технического обеспечения войск ПВО Сухопутных войск», Военная академия войсковой противовоздушной обороны ВС РФ имени маршала советского союза А.М. Василевского, Смоленск, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Дынченкова Т.В. Методика обоснования срока замены оборудования при заданном периоде обеспечения им предприятия. *Политехнический молодежный журнал*, 2023, № 01(78). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-01-855>

METHODOLOGY FOR SUBSTANTIATING THE PERIOD OF EQUIPMENT REPLACEMENT FOR A GIVEN PERIOD OF THE ENTERPRISE

Dynchenkova T.V.

dtv17m093@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The decision maker at the enterprise is undoubtedly interested in the fact that during the operation of equipment at the enterprise there comes a time when it is more profitable to replace the existing equipment with a new one than to operate the old one at a high cost. The developed methodology allows the decision-maker, with a given period of providing the enterprise with equipment (or allocated funds for the maintenance of equipment), according to the criterion of minimum costs for the purchase and operation of equipment for the entire specified (or calculated based on the allocated funds) period of providing the enterprise with them in the form of their sum of annual components, to determine the optimal time for equipment replacement.

Keywords

Initial cost of equipment, variable operating costs, residual cost of equipment, changes in equipment condition, dynamic programming method, equipment replacement process, step function of costs, calculation of sequence of functions, optimal process trajectory, recurrent Bellman equations

Received 19.12.2022

© Bauman Moscow State Technical University, 2022

References

- [1] Bulgakov N.F. Statisticheskie modeli optimizatsii i upravleniya ekspluatatsionnoy nadezhnostyu avtotransportnykh sredstv. Diss. ... dok. tekh. nauk [Statistical models of optimization and management of operational reliability of motor vehicles. Doc. tech. sci. diss.]. Krasnoyarsk, GTU Publ., 2000 (in Russ.).
- [2] Zharkovskiy I.M., Barshay I.L., Svidunovich N.A. et al. Tekhnologicheskie metody obespecheniya nadezhnosti detaley mashin [Technological methods for ensuring the reliability of machine parts]. Minsk, Vysshaya shkola Publ., 2005 (in Russ.).
- [3] Kravchuk P.V. Metody ekonomicheskoy otsenki tekhnologiy i izdeliy dvoynogo primeneniya v sisteme vnebyudzhethnogo finansirovaniya oboronnykh programm. Diss. kand. ekon. nauk [Methods of economic evaluation of dual-use technologies and products in the system of extra-budgetary financing of defense programs. Kand. econ. sci. diss.]. Moscow, Finansovaya akademiya Publ., 1995 (in Russ.).
- [4] Kompleksnaya metodika otsenki effektivnosti meropriyatiy, napravlennykh na uskorenie nauchno-tekhnicheskogo progressa. Metodicheskie rekomendatsii i komentarii po ikh primeneniyu [Comprehensive methodology of evaluating the effectiveness of measures aimed at accelerating scientific and technological progress. Methodical recommendations and comments on their application]. Moscow, Informelektro Publ., 1989 (in Russ.).
- [5] Zhidkova M.A. Metodicheskie osnovy opredeleniya ekonomicheskoy tselesoobraznosti sroka sluzhby legkovogo avtomobilya taksi. Diss. kand. ekon. nauk [Methodological basis for determining the economic feasibility of the service life of a passenger car cab. Kand. econ. sci. diss.]. Moscow, MADI Publ., 1998 (in Russ.).

- [6] Kuznetsov E.S. Upravlenie tekhnicheskoy ekspluatatsiyey avtomobiley [Management of technical operation of vehicles]. Moscow, Transport Publ., 1990 (in Russ.).
- [7] Solovyeva M.Kh. Metody upravleniya protsessom zameny oborudovaniya predpriyatiya. Diss. kand. tekhn. nauk [Methods of managing the process of replacing equipment of the enterprise. Kand. tech. sci. diss.]. Moscow, Ros. akad. gos. sluzhby pri Prezidente RF Publ., 2008 (in Russ.).
- [8] Logunova N.Yu. Informatsionnaya sistema "Obnovlenie i zamena tekhnologicheskogo oborudovaniya khlebozavoda". Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Information system "Renewal and replacement of technological equipment bakery". Abs. kand. tech. sci. diss.]. Moscow, MGUPP Publ., 2007 (in Russ.).
- [9] Bellman R.E., Dreyfus S.E. Applied dynamic programming. Princeton University Press, 1962. (Russ. ed.: Prikladnye zadachi dinamicheskogo programmirovaniya. Moscow, Nauka Publ., 1965.)
- [10] Korneenko V.P. Metody optimizatsii. Moscow, Vysshaya shkola, 2007 (in Russ.).

Dynchenkova T.V. — Student, Department of Rocket and Space Engineering Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Dynchenkov V.S., Senior Lecturer, Department of Material and Technical Support, Military Academy of the Air Defense Forces named after Marshal of the Soviet Union A.M. Vasilevsky, Smolensk, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Dynchenkova T.V. Methodology for substantiating the period of equipment replacement for a given period of the enterprise. *Politekhnicheskiiy molodezhnyy zhurnal* [Politechnical student journal], 2023, no. 01(78). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-01-855.html> (in Russ.).