

В.М. Буренок, доктор технических наук,
профессор

Р.А. Дурнев, доктор технических наук,
доцент

К.Ю. Крюков, кандидат психологических
наук

О проблемах отнесения образца техники к категории «устаревший»

Рассмотрены проблемы отнесения образцов техники к категории «устаревший». При их решении требуется учет множества факторов, влияющих на физическое и моральное старение техники, снижение ее эффективности, увеличение роста эксплуатационных расходов. В связи с этим дальнейший поиск подходов к корректному отнесению образцов техники к категории «устаревший» представляется актуальным.

В статье [1] рассмотрены существующие методики отнесения образцов ВВСТ (далее – техники) к категориям «устаревший», «современный» и «перспективный». Предложены подходы к оценке показателя качества образцов техники и отнесения их к указанным категориям с использованием кривых безразличия и теории нечетких множеств. Применительно к современным и перспективным образцам определенные трудности в реализации вышеуказанных подходов частично компенсируются применением понятного, однозначного критерия – превышение тактико-технических характеристик (ТТХ) отечественных образцов над зарубежными аналогами. Сложнее дело обстоит с отнесением образца к устаревшему, под которым в [1] понимается образец, основные ТТХ которого уступают характеристикам отечественных и зарубежных образцов.

В этом определении есть ряд принципиальных отличий от дефиниций современных и перспективных образцов. Первое из них связано с тем, что сравнение характеристик проводится не только для зарубежной, но и для отечественной техники. Решение о создании новых образцов может быть принято, если их характеристики будут превосходить не только отечественные, но и зарубежные аналоги. В то же время отнесение техники к устаревшей, принятие решения о снятии ее с производства, утилизации при наличии зарубежных аналогов с более высокими ТТХ и отсутствии таких отечественных прототипов, будет, очевидно, преждевременным. В этом случае может быть совсем не выполнена одна из боевых и обеспечивающих задач, возложенных на не вполне современный отечественный образец.

Второе отличие обуславливается смыслом слова «уступает». Для современных и перспективных образцов формулировка с позиций Парето-оптимизации имеет однозначную трактовку – превосходит хотя бы по одной характеристике и не является худшим по остальным. При этом все образцы, не отнесенные к этим категориям, в строгом смысле могут быть признаны устаревшими. Это будет относиться как к технике, которая по всем показателям уступает зарубежным и отечественным аналогам, так и к средствам, у которых одна, какая-нибудь малозначащая, характеристика хуже, а другие лучше, а также ко всем промежуточным, между этими градациями, образцам. В серьезной степени это осложняется и субъективным выбором «малозначащих» и «многозначащих» ТТХ, произвольной степенью детализации характеристик и т. п.

Третье отличие связано с неопределенностью, размытостью слова «устаревший». Под старением объекта (в том числе технического) понимается постепенное необратимое изменение (ухудшение) его свойств, вызываемое химическими, физическими, биологическими и другими процессами.

ми, самопроизвольно протекающими в материалах [2]. При старении в общем случае возникает возрастание интенсивности отказов по времени $\lambda(t)$. Для многих технических объектов и их элементов характерны функции интенсивности отказов, изображенные на рисунке 1 [3].

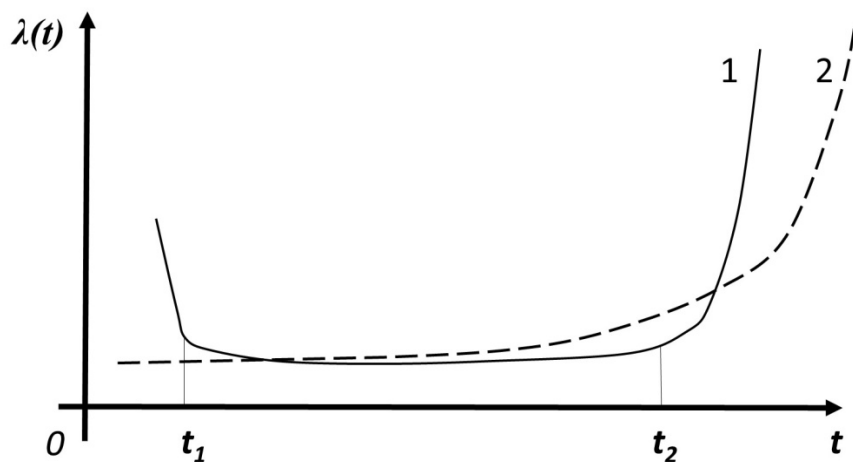
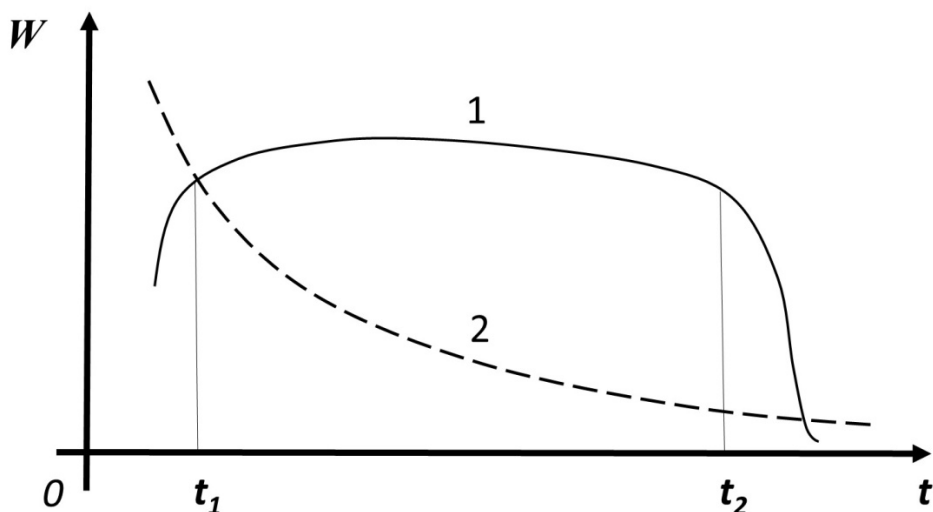


Рисунок 1 – Функции интенсивности отказов (1 – вогнутая («возрастная»); 2 – возрастающая)

Для вогнутой («возрастной») функции интенсивности отказов на рисунке 1 обозначены следующие периоды: от 0 до t_1 – приработки, от t_1 до t_2 – эксплуатации, далее t_2 – старения. Во все периоды жизненного цикла, особенно в период старения, происходит рост интенсивности отказов и ухудшение основных характеристик техники, в том числе ее эффективности W , например так, как показано на рисунке 2.



1 – изменение, в т. ч. снижение эффективности, для вогнутой («возрастной») функции интенсивности отказов;
2 – снижение эффективности для возрастающей функции интенсивности отказов

Рисунок 2 – Снижение эффективности из-за старения

Снижение эффективности связано как с ростом количества отказов в единицу времени (а следовательно – ростом простоев техники, количества случаев несвоевременного выполнения задач и т. п.), так и с общим ухудшением характеристик из-за износа материалов, ухудшения их свойств (увеличение потребления ГСМ, ухудшение управляемости, уменьшение крейсерской скорости и т. д.).

Если боевая и обеспечивающая задача, возлагаемая на оцениваемый образец, может быть выполнена с приемлемой эффективностью (за счет другой отечественной техники, комплексов и комплектов средств), то данный образец может быть, например, признан устаревшим, снят с вооружения. В противном случае необходимо заблаговременно установить сроки, в которые образец может быть признан устаревшим, и инициировать разработку новых технических средств таким образом, чтобы своевременно произвести замену устаревшего образца. То есть отнесение к категории «устаревший» – это в большей степени прогнозная, нежели текущая оценочная задача. Ее решение возможно, во-первых, через установление нижней границы эффективности образца (W_n) (рисунок 3).

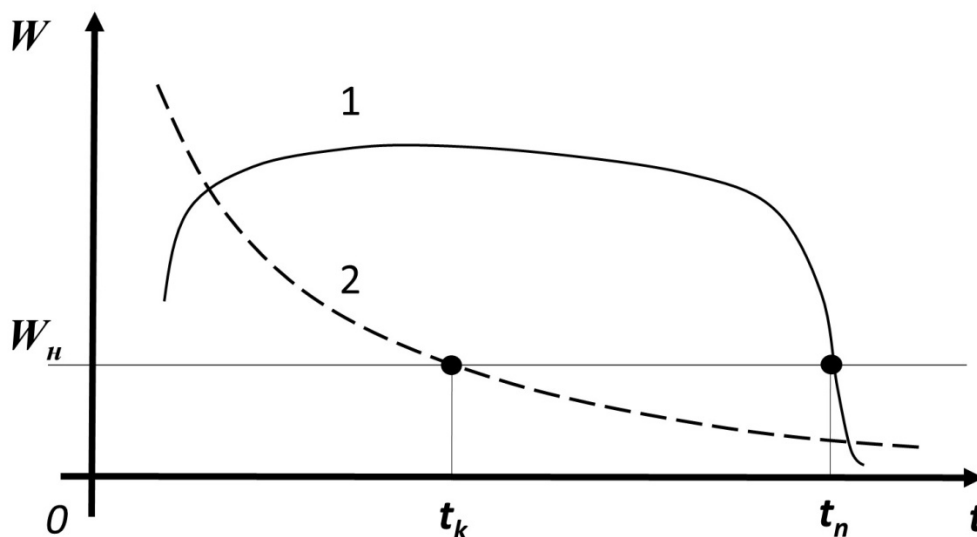
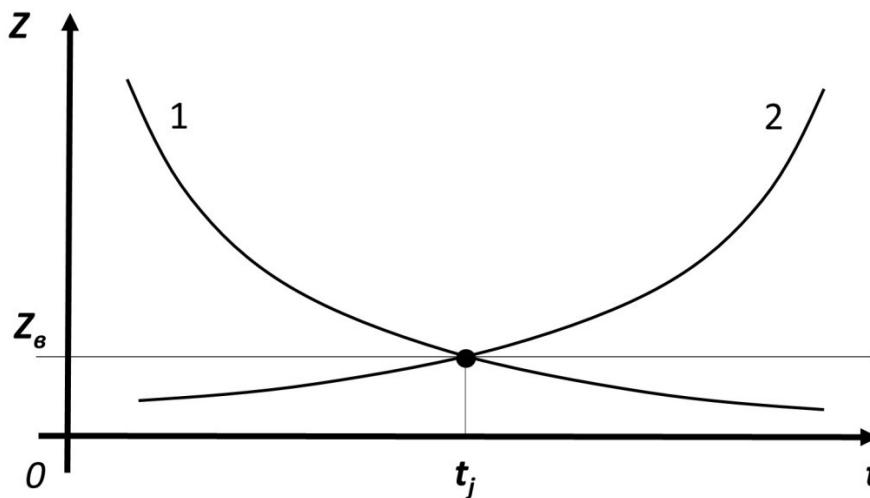


Рисунок 3 – Отнесение к категории «устаревший» путем установления нижней границы эффективности образца

На рисунке 3 t_k и t_n – сроки, к которым необходимо заменить устаревший образец на новый (порядок следования на оси имеет условный характер). Установление этих сроков осложнено по следующим причинам. Очевидно, что нижняя граница эффективности образца, с учетом положений системного подхода, должна определяться значением эффективности выполнения задачи в целом. Для этого потребуются нахождение зависимости эффективности задачи от эффективности образца техники. Кроме того, достаточно проблематичным представляется прогноз сроков уменьшения эффективности ниже определенных пределов. Это связано с тем, что сама эффективность является функцией от ТТХ, способов и условий применения техники. И если ухудшение отдельных характеристик можно спрогнозировать исходя из общетехнических соображений, опыта эксплуатации близких образцов техники (если такие имеются), то учет способов и условий боевого применения образца в мирное время, их влияние на старение может быть крайне затруднен. Даже сейчас, в условиях повсеместного использования компьютерного моделирования, очень трудно представить модель процесса старения деталей, узлов, агрегатов, техники в целом в длительном процессе ведения боевых действий. И, наконец, приведение в соответствие сроков завершения разработки новой техники и предельного уменьшения эффективности устаревшего образца также достаточно сложно. Эти сроки имеют либо ярко выраженный случайный, либо статистически неопределенный характер (в зависимости от массовости техники).

Отнесение к категории «устаревший» возможно также через установление верхней границы суммарных эксплуатационных расходов (Z_e). Можно сформулировать критериальное правило, согласно которому указанные расходы не должны превышать, например (рисунок 4):

- ожидаемый ущерб противнику;
- предотвращенный ущерб своим силам и средствам;
- выигрыш от использования образца.



- 1 – функция уменьшения ожидаемого ущерба противнику, предотвращенного ущерба своим силам и средствам, выигрыша от использования образца с учетом его старения
 2 – функция увеличения суммарных эксплуатационных расходов вследствие старения образца

Рисунок 4 – Отнесение к категории «устаревший» путем установления верхней границы суммарных эксплуатационных расходов образца

На рисунке 4 Z – финансовый эквивалент ущерба, выигрыша, расходов; t_j – срок, к которому необходимо заменить устаревший образец на новый. В данном случае вызывает серьезные проблемы как прогнозная оценка t_j , так и ожидаемого ущерба противнику, предотвращенного ущерба своим силам и средствам и выигрыша от использования образца. При этом если последняя величина (выигрыш) сравнима по времени ее проявления с суммарными расходами (в период эксплуатации), то для первых двух не вполне понятна процедура приведения к равным временным отрезкам.

Четвертое отличие определения «устаревший» от «современный» и «перспективный» применительно к образцам ВВСТ связано с тем, что для техники принято учитывать не только физический, но и моральный износ. Следует отметить, что выявить моральный износ сложнее, чем физический, и моральный износ, как правило, наступает раньше физического. Принято различать две формы морального износа [4]. Первая связана с повышением производительности труда в отраслях, производящих технику, ее выпуском при меньших затратах труда. Производство изделий становится массовым, что ведет к резкому снижению их стоимости. Вторая форма морального износа связана с появлением новой, более производительной и экономичной техники в результате научно-технического прогресса. Возрастает ее эффективность, которая может складываться из ряда факторов: повышения ТТХ, уровня автоматизации управления, экономичности в эксплуатации, безопасности труда и т. д. Это ведет к тому, что имеющаяся техника, не изношенная физически, тем не менее устаревает.

По всей видимости, первая форма морального износа более характерна для образцов, у которых есть отечественные аналоги, вторая – только зарубежные аналоги. В связи с особенностью развития отечественного оборонно-промышленного комплекса, внутренней и внешней экономической обстановки учет первой формы в настоящее время крайне проблематичен. Для второй формы можно отметить следующие факторы, характеризующие моральное старение [5]:

- принятие на вооружение эвентуальным противником нового образца-аналога с повышенными ТТХ;
- создание и начало производства нового отечественного образца-аналога с более высокими ТТХ.

К этому можно добавить и создание новых средств поражения образцов техники. При создании зарубежных образцов-аналогов или средств поражения возникает «скачок» (вернее – «провал»), связанный с практически мгновенным уменьшением эффективности (ТТХ) технического средства (рисунок 5).

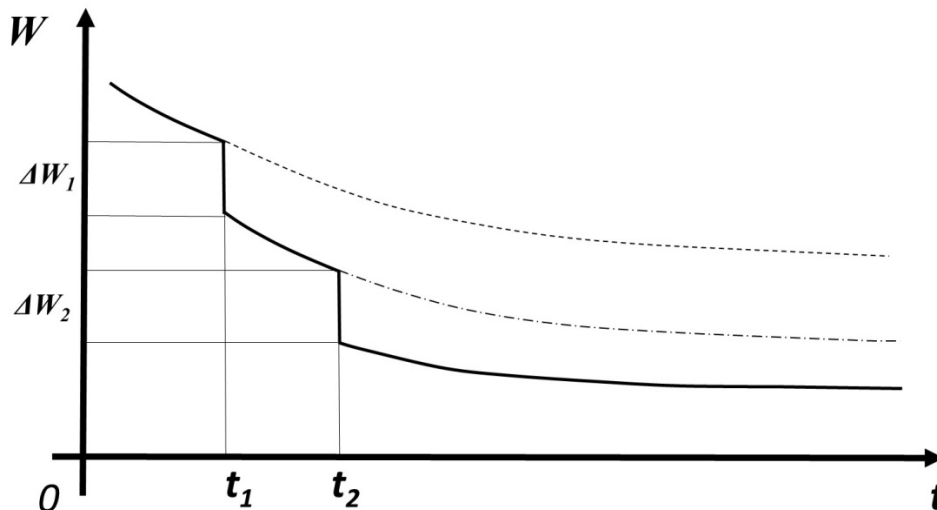


Рисунок 5 – Снижение эффективности из-за физического и морального старения (при создании зарубежных образцов-аналогов)

На рисунке 5 показан «хвост» функций, представленных на рисунке 3 (т. е. части графиков в период эксплуатации, когда растет интенсивность отказов вследствие старения). Уменьшение эффективности из-за физического старения показано плавными (непрерывными, монотонными) кривыми, морального старения – «скачками» параллельно оси ординат в направлении ее начала. Сроки появления зарубежных образцов-аналогов или средств поражения обозначены, как t_1 и t_2 . В них и происходит соответствующее скачкообразное уменьшение эффективности на величину ΔW_1 и ΔW_2 .

Очевидно, что определение величины «скачков» эффективности отечественных образцов за счет появления зарубежных средств с улучшенными ТТХ – сложная научно-техническая задача, зависящая, в том числе, от достоверности оценки значений этих характеристик, не содержащихся, как правило, в открытых источниках информации. Не менее сложным представляется и установление срока создания такой иностранной техники с приемлемой для практики точностью. При нахождении этих величин с использованием нижней части графика функции снижения эффективности от времени (плавная сплошная кривая после двух «скачков») может быть определен целесообразный срок отнесения образца техники к категории «устаревший». Понятно, что учет морального старения значительно сдвинет этот срок влево.

Определенный интерес представляет случай создания и начала производства нового отечественного образца-аналога с более высокими ТТХ. В этом случае возможна ситуация, отраженная на рисунке 6. Очевидно, что информация о начале и окончании разработки отечественного образца-аналога является более доступной, но от этого не более определенной, фиксированной. Зачастую плановые сроки создания техники не совпадают с фактическими. И если, например,

планом определен срок создания нового средства в момент t_2 , а фактически он наступает в момент t_3 , то морального старения (здесь уже «к сожалению») может не произойти, т. к. затягивание сроков разработки нового образца компенсировало устаревание существующего (на величину ΔW_1). При соблюдении плановых сроков будет наблюдаться скачок эффективности на ΔW_2 и в этом случае моральное старение будет способствовать более раннему отнесению образца к категории «устаревший». Если же информация о создании нового образца по каким-то причинам (например, инициативная разработка в условиях конкуренции) не была доступна, то в момент t_1 происходит мгновенное падение эффективности на величину ΔW_1 , что приводит к сокращению сроков признания образца техники устаревшим.

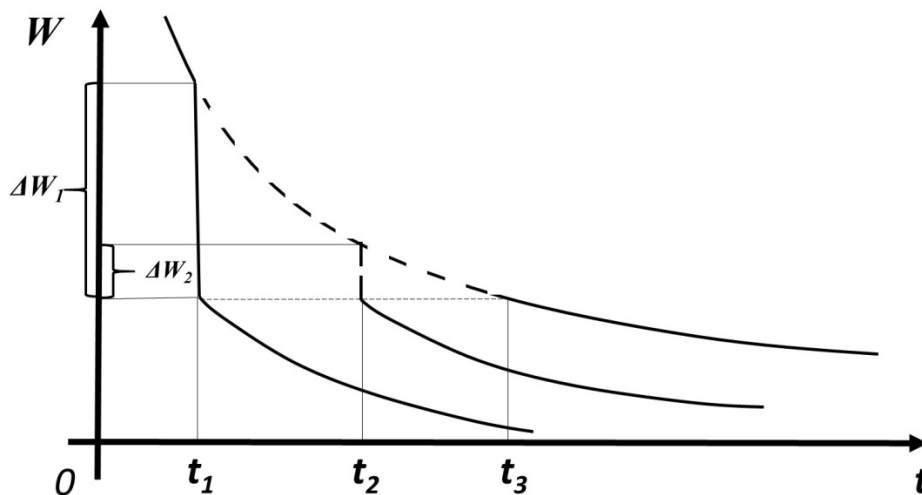


Рисунок 6 – Снижение эффективности из-за физического и морального старения (при создании отечественных образцов-аналогов)

Таким образом, задача отнесения образца техники к категории «устаревший» не является тривиальной, предусматривающей только оценку обобщенного показателя (свертки характеристик с их весами) и ее сравнения с произвольно выбранной шкалой. При ее решении требуется учет множества факторов, влияющих на физическое и моральное старение техники, снижение ее эффективности и увеличение роста эксплуатационных расходов. В связи с этим дальнейший поиск подходов к корректному отнесению образца к категории «устаревший» представляется актуальным.

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Дурнев Р.А., Крюков К.Ю. Образец техники: устаревший, современный или перспективный? // Вооружение и экономика. – 2017. – № 5 (42).
2. Надежность и эффективность в технике. Справочник в десяти томах. Том 1. Методология, организация, технология / Под ред. А.И. Рембезы. – М.: Машиностроение, 1986.
3. Надежность и эффективность в технике. Справочник в десяти томах. Том 8. Эксплуатация и ремонт / Под ред. В.И. Кузнецова и Е.Ю. Барзиловича. – М.: Машиностроение, 1986.
4. Аверченко А.М., Дашков Н.Г., Федорин В.Н. Основы военно-экономических обоснований перспектив развития средств инженерного вооружения. – М.: 15 ЦНИИ МО РФ, 1998. – 364 с.
5. Степанов В.В. Влияние морального старения танков на их военно-технический уровень // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2007. – № 4 (54).