

УДК 658.012.23

Ю. А. БЕЛОКОНЬ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ ДЕКОМПОЗИЦИИ ОБЪЕКТА ПРИ УТИЛИЗАЦИИ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ

Рассмотрено понятие комплексной утилизации сложной техники, выделены базовые направления утилизации, а именно: уничтожение и захоронение техники, коммерциализация и переработка во вторичное сырье, а также их различные комбинации. Предложено представление объекта утилизации как совокупности элементов, подлежащих направлениям последующей обработки. Сформированы показатели эффективности проекта утилизации. Предложено представление стоимостных показателей затрат и дохода проекта с точки зрения последующих направлений обращения с компонентами сложной техники. Проведен анализ зависимости стоимостных показателей проекта утилизации от уровня декомпозиции объекта утилизации на компоненты. На основании этого сформулированы рекомендации по выбору стратегии утилизации.

Ключевые слова: утилизация сложной техники, уровень декомпозиции, финансовые показатели, сортность металлолома.

Введение

В настоящее время в жизненном цикле (ЖЦ) сложной техники (СТ), в соответствии с принципами ресурсосбережения, особое внимание следует уделять заключительной стадии – утилизации, так как ресурсы, высвобождаемые в ее результате, могут выступать как дополнительный источник получения дохода.

Под комплексной утилизацией понимается осуществление комплекса организационно-технических, экономических, научных, экологических, санитарно-эпидемиологических, иных мероприятий и технологических процессов, обеспечивающих перепрофилирование (диверсификацию) и переработку снятых с эксплуатации, выработавших свой ресурс, морально и физически устаревших, сокращаемых по международным договорам объектов СТ для изменения их целевого назначения, придания им других функций, дальнейшего использо-

вания в производственно-хозяйственных целях, получения финансовых средств, товарной продукции и сырья [1].

К утилизации часто относят также и ликвидацию техники. При этом под ней понимают деятельность по физическому уничтожению (путем взрыва, сжигания, дробления и т.п.) объектов, либо такого их рационального разрушения, которое, с одной стороны, не было экономически разорительным и экологически опасным, а с другой – исключало возможность сборки разукomплектованных изделий.

Переработка – комплекс научно-технических, производственных и организационных работ и мероприятий, направленных на изменение физических, химических и иных свойств объектов, выполнение которых обеспечивает получение металлолома, другого вторичного сырья и изделий.

Исходя из этого, выделим три базовых направления утилизации (рис. 1) [2]:

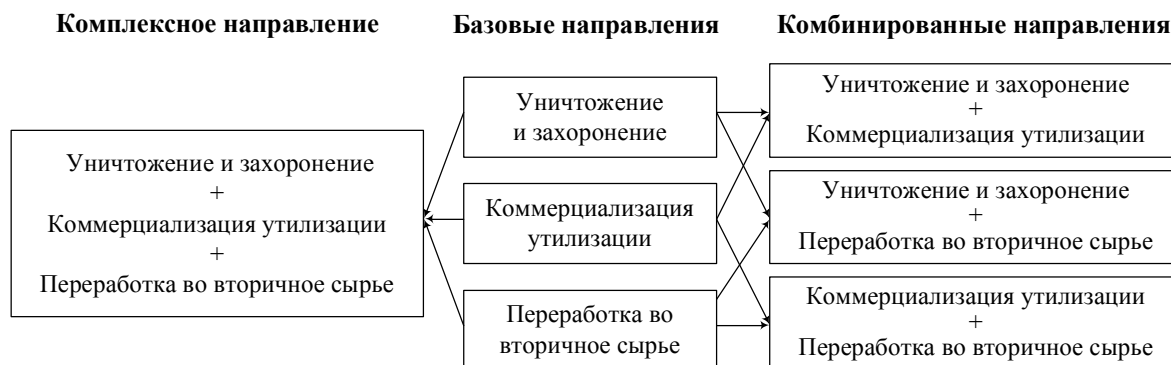


Рис. 1. Направления утилизации сложной техники

1. Уничтожение и захоронение техники. При этом возможно значительное неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Характерной особенностью этого направления является отсутствие прибыли от реализации проекта.

2. Коммерциализация утилизации. Включает разборку СТ на составляющие, оценку технического состояния, ремонт, модернизацию, хранение и продажу. Это направление наиболее прибыльно при утилизации СТ.

3. Переработка СТ во вторичное сырье, которое можно использовать повторно для создания новых образцов СТ.

На практике встречаются различные комбинации перечисленных направлений. Наиболее общим случаем является комбинированное направление, включающее все три базовых направления утилизации. Оно включает разборку СТ на составляющие, оценку технического состояния, ремонт или модернизацию, ремонт и продажу части составляющих СТ, переработку части СТ во вторичное сырье и уничтожение или захоронение элементов, не подлежащих переработке. Это направление наиболее полно включает составляющие процесса утилизации.

Исходя из требований и задач, определенных заказчиком, а также в зависимости от особенностей объекта утилизации (ОУ), выбранного метода утилизации и спроса на компоненты ОУ возможны различные стратегии обращения с ОУ, в частности различные варианты декомпозиции ОУ на компоненты.

Постановка задачи

В процессе планирования и выполнения проекта утилизации СТ менеджер проекта должен учитывать затраты средств и времени на проект, планировать возможный доход от реализации проекта [3-5].

Кроме того, специфика проекта утилизации связана с возможным неблагоприятным воздействием процесса утилизации (НВПУ) на окружающую среду и оператора (технического исполнителя), величина которого зависит от выбранного метода утилизации и характеристик ОУ [2].

В связи с этим выделим ряд показателей, от которых зависит эффективность проекта утилизации СТ [3, 6, 7]:

- D – доход от утилизации СТ;
- W – финансовые затраты по проекту утилизации;
- T – затраты времени на выполнение проекта утилизации;
- Q – показатель возможного ущерба от риска НВПУ, характеризующий воздействие техноло-

гического процесса и объекта утилизации на окружающую среду и оператора;

- K – критерий качества процесса утилизации.

Выбор направления и стратегии утилизации оказывает на эти показатели существенное влияние.

В общем виде любое изделие СТ может быть представлено как система, состоящая из компонентов различной степени детализации – сборочных единиц различного порядка и деталей (рис. 2).

В ходе утилизации в рамках комбинированного направления ОУ должен подвергнуться процессу, обратному процессу сборки изделия СТ, – декомпозиции до определенного уровня узлов, сборочных единиц или деталей.

При этом эффективность комплексной утилизации будет базироваться, прежде всего, на квалифицированной дефектации узлов и агрегатов, исчерпавших свой ресурс, для повторного использования, а также на повышении сортности металлолома. Дефектация – проверка и отбраковка деталей, узлов и агрегатов, которая производится в процессе разборки изделия [8].

Детальная разборка и сортировка металлолома дает возможность получить более высокую прибыль от его реализации за счет повышения качественного состава металлолома [9, 10].

В связи с этим возникает задача выбора уровня декомпозиции объекта утилизации на компоненты. Решение этой задачи связано в первую очередь с финансовыми показателями затрат и дохода, а также с определением спроса на компоненты СТ на рынке.

Решение задачи

С точки зрения комплексной утилизации, согласно рис. 1, ОУ можно представить как совокупность элементов, подлежащих трем направлениям последующей обработки:

$$OY = \{P_K, P_{SRM}, P_{Waste}\},$$

где P_K – множество компонентов ОУ, ресурс которых может быть продлен;

P_{SRM} – множество компонентов, подлежащих переработке;

P_{Waste} – множество компонентов, подлежащих захоронению и/или уничтожению.

Финансовые показатели проекта утилизации могут быть представлены следующим образом:

$$D = D_K + D_{SRM},$$

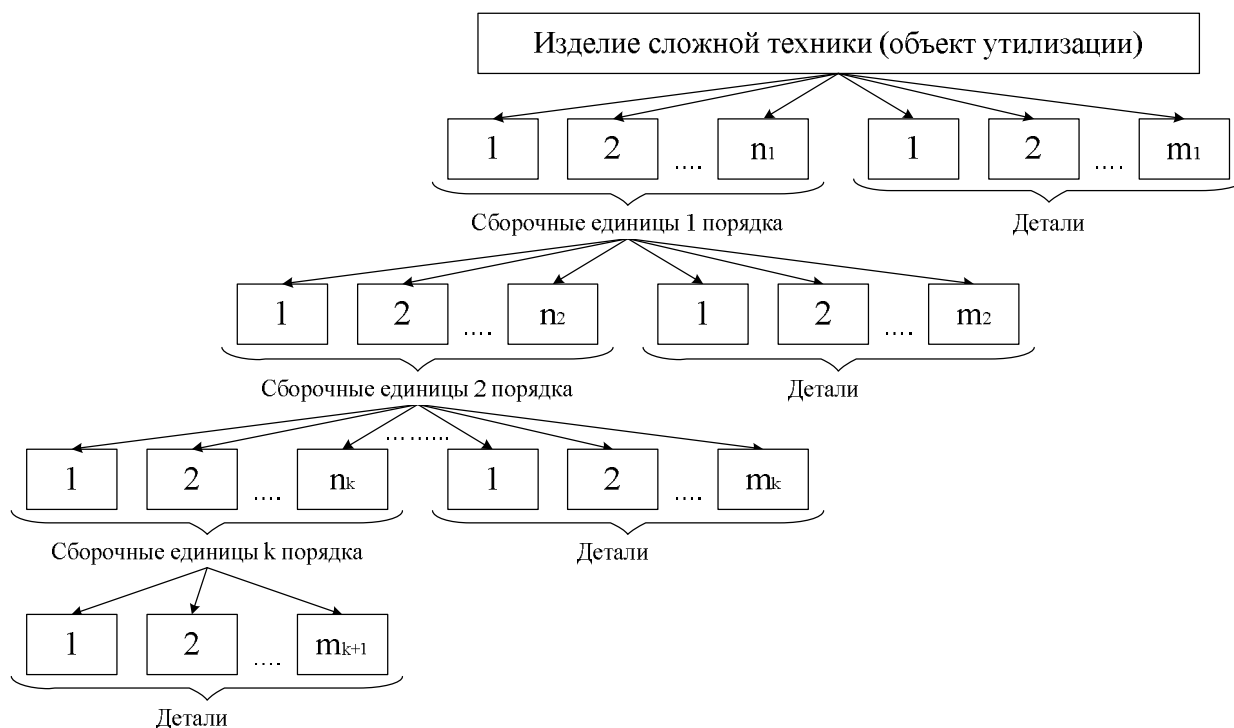


Рис. 2. Декомпозированное представление объекта утилизации

где D – доход от утилизации ОУ;

D_K – доход от реализации компонентов с запасом ресурса P_K ;

D_{SRM} – доход от реализации вторичного сырья, полученного из P_{SRM} .

При этом D_K и D_{SRM} зависимы – при увеличении D_K уменьшается D_{SRM} и наоборот.

Затраты проекта представим в виде:

$$W = W_K + W_{SRM} + W_{Waste} + W_N,$$

где W – общие затраты на утилизацию ОУ;

W_K – затраты на разборку ОУ и доработку P_K ;

W_{SRM} – затраты на переработку компонентов P_{SRM} ;

W_{Waste} – затраты на захоронение и/или уничтожение компонентов P_{Waste} считаем известными;

W_N – прочие затраты (на подготовку проекта и пр.) считаем известными.

Затраты на переработку вторичного сырья могут быть оценены как

$$W_{SRM} = Wm(OY),$$

где W – удельная стоимость разрезки и переработки 1 т вторичного сырья;

$m(OY)$ – масса ОУ, т.

Пусть b – уровень (глубина) декомпозиции ОУ при разборке, $b = 1, 2, \dots$

В зависимости от уровня детализации разборки объекта изменяются стоимостные показатели проекта утилизации – доход D и затраты W , то есть

$$D = f(b),$$

$$W = f(b).$$

Следует учесть следующие допущения и ограничения.

1. ОУ содержит компоненты P_K и P_{SRM} .
2. Есть спрос на компоненты с продленным ресурсом P_K . Величина этого спроса D_K^* может быть спрогнозирована методами маркетингового анализа.

3. Доход от реализации компонентов P_K больше, чем в случае их переработки.

4. Известны требования ГОСТ по классу и сортности вторичного сырья.

5. Утилизационная стоимость ОУ (стоимость списанного ОУ) в целом не может быть меньше суммарной стоимости всех видов вторичного сырья в его составе:

$$D(OY) \geq \sum_{i=1}^h D_i(P_{SRM}),$$

где $i = 1..h$, h – число видов вторичного сырья.

При этом в процессе утилизации путем разделки и сортировки повышается сортность и качество вторичного сырья за счет уменьшения процента загрязнения. Экономическая привлекательность проекта утилизации основывается на разности закупочной стоимости ОУ (металлолома низкого сорта,

микс) и стоимости вторичного сырья, полученного в результате утилизации.

6. Утилизационная стоимость ОУ в целом ниже суммарной стоимости отдельных компонентов:

$$D(OY) \leq \sum_{j=1}^p D_j(P_K),$$

где $j=1..p$, p – количество компонентов, ресурс которых может быть продлен.

$$\text{Или } \sum_{i=1}^h D_i(P_{SRM}) \leq D(OY) \leq \sum_{j=1}^p D_j(P_K).$$

Чем больше уровень декомпозиции b , тем больше отдельных компонентов (агрегатов, сборочных единиц, деталей). С другой стороны целесообразно разбирать ОУ, вычлняя компоненты, на которые есть спрос, то есть доход от реализации ресурсных компонентов D_K^* ограничен спросом на компоненты с продленным ресурсом и запасные части (рис. 3). На рис. 3 зона I соответствует продаже ресурсных компонентов, в зоне II спрос на ресурсные компоненты исчерпан.

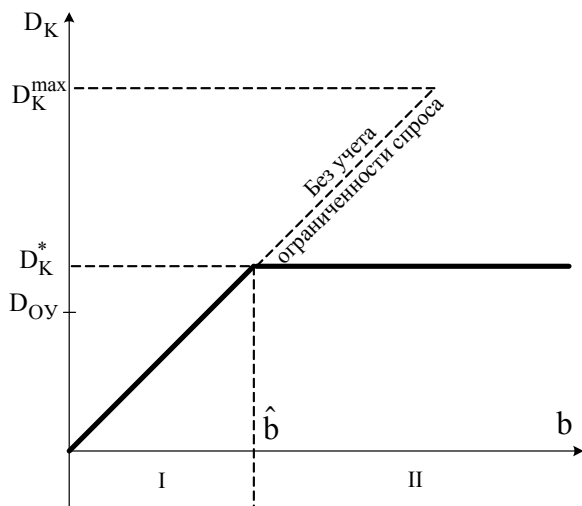


Рис. 3. Зависимость дохода при реализации ресурсных компонентов от уровня декомпозиции объекта утилизации

Отметим, что здесь и далее на графиках линейный характер функции носит условный характер с целью отображения монотонного характера ее возрастания.

Чем больше уровень детализации b , тем выше качество металлолома (класс, группа и сорт), а значит доход от его реализации D_{SRM} . В то же время есть некоторое значение уровня детализации b^* , дальше которого разбирать нецелесообразно (с точки зрения требований к качеству металлолома [9, 10]), так как затраты W_K будут возрастать, а

доход – нет (рис. 4). На рис. 4 до достижения этого уровня декомпозиция ОУ целесообразна (зона III), после достижения – нецелесообразна, так максимально возможный сорт вторичного сырья достигнут (зона IV).

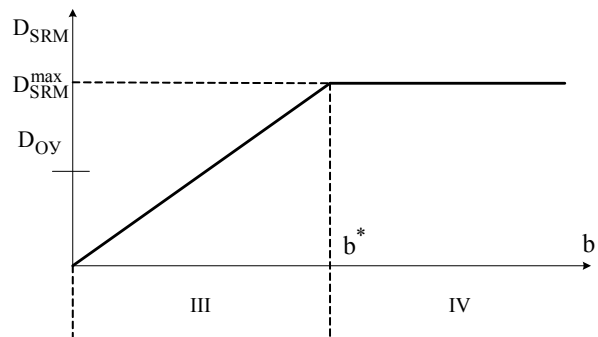


Рис. 4. Зависимость дохода при реализации вторичного сырья от уровня декомпозиции объекта утилизации

Тогда оптимальная стратегия утилизации заключается в следующем:

1. Демонтаж и продажа ресурсных компонентов, пользующихся спросом до момента окончания спроса $t(b^{\wedge})$.

2. Оставшиеся материалы можно реализовать с имеющимся качеством и сортом. Или продолжать декомпозицию до момента достижения максимального качества $t(b^*)$, тем самым повышая качество вторичного сырья и доход от его реализации (здесь следует учитывать затраты на декомпозицию).

Оптимальная стратегия проиллюстрирована на рис. 5, полученном путем суперпозиции рассмотренных выше тенденций изменения дохода. На графике можно выделить огибающую ломаную, обеспечивающую максимизацию дохода. Зоны I-IV на рис. 5 соответствуют описанным на рис. 3-4.

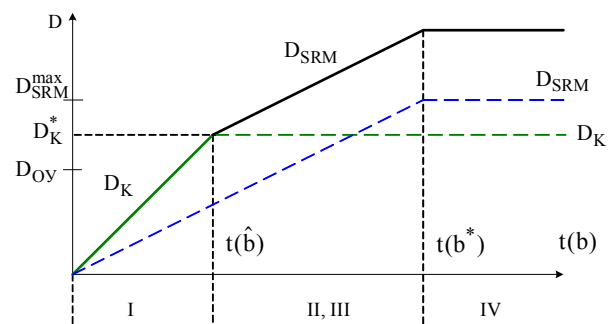


Рис. 5. Изменение дохода от утилизации сложной техники

При таком подходе состав затрат по проекту будет иметь вид, представленный на рис. 6.

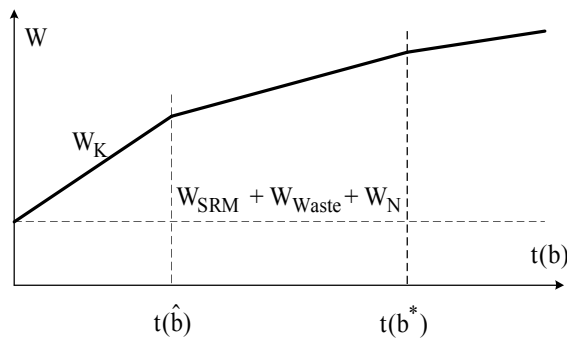


Рис. 6. Изменение затрат в проекте утилизации сложной техники

Начальный уровень затрат определяется значением $W_{\text{waste}} + W_N$. Характер ломаной затрат соответствует изменению дохода: сначала возрастание затрат на декомпозицию ОУ до выбранного уровня \hat{b} , затем – затраты на дальнейшую декомпозицию до момента достижения максимального качества вторичного сырья $t(b^*)$. Затем затраты, в отличие от дохода, будут возрастать.

Оптимальное значение уровня декомпозиции ОУ b будет зависеть от спроса на отдельные компоненты и обеспечивать оптимальное соотношение дохода и затрат.

Пусть можно спрогнозировать спрос на компоненты различного уровня декомпозиции (b_1 и b_2). Уровень декомпозиции b_1 меньше уровня декомпозиции b_2 . Тогда, зная спрос, можем определить доход и затраты, соответствующие этим значениям (рис. 7).

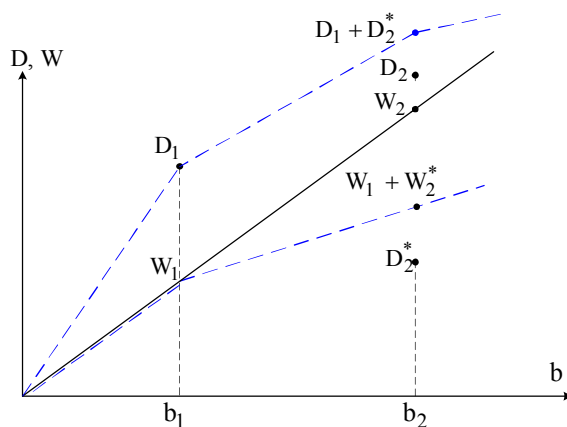


Рис. 7. Соотношение дохода и затрат при различном уровне декомпозиции

Необходимо сделать выбор между двумя стратегиями.

Первая стратегия заключается в декомпозиции ОУ до уровня b_2 , в этом случае доход от реализации компонентов и затраты составят D_2 и W_2 соответственно.

Вторая стратегия: декомпозируем ОУ до уровня b_1 с последующей реализацией компонентов, имеющих спрос. На этом этапе доход и затраты составят D_1 и W_1 соответственно. После этого оставшуюся нереализованную часть ОУ декомпозируем до уровня b_2 , и доход и затраты на эту часть составят D_2^* и W_2^* соответственно.

Если выполняются условия

$$D_1 + D_2^* \geq D_2,$$

$$W_1 + W_2^* \leq W_2$$

или

$$\frac{D_1 + D_2^*}{W_1 + W_2^*} \geq \frac{D_2}{W_2},$$

то выбор делается в пользу второй стратегии.

Такой анализ необходимо проводить периодически в ходе реализации проекта утилизации СТ в порядке уточнения планируемых значений затрат и спроса в соответствии с изменением спроса на рынке или изменением составляющих затрат.

Заключение

В результате анализа существующих технологических процессов и подходов к утилизации СТ выделены возможные направления утилизации. Проведен анализ зависимости стоимостных показателей проекта от уровня декомпозиции объекта утилизации. Разработанная методика выбора уровня декомпозиции объекта утилизации позволяет оптимизировать доход проекта в соответствии с изменением спроса на рынке или изменением составляющих затрат.

Литература

1. Демидов, Б. А. Системно-концептуальные основы деятельности в военно-технической области. Книга 2. Организационно-методические основы деятельности в военно-технической области [Текст] / Б. А. Демидов, А. Ф. Величко, И. В. Волощук. – К. : Технологический парк, 2006. – 1152 с.
2. Белоконов, Ю. А. Модели и метод формирования комплекса работ в проектах утилизации авиационной техники [Текст] : дис. ... канд. техн.

наук : 05.13.22; захищена 28.10.11 ; утв. 17.02.12 / Белоконь Юлия Анатольевна ; Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т". – Х., 2011. – 209 с.

3. Управление проектами [Текст] : справочное пособие / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро и др. ; под ред. И. И. Мазура и В. Д. Шапиро. – М. : Высш. шк., 2001. – 875 с.

4. Kerzner, H. Project management: a system approach to planning, scheduling and controlling [Text] / H. Kerzner. – 11-th ed. – N.J. : Wiley, 2013. – 1296 p.

5. Кононенко, И. В. Двухкритериальная оптимизация содержания проекта при ограничениях на качество продукта [Текст] / И. В. Кононенко, И. В. Протасов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 5/4 (47). – С. 57-61.

6. Глухова, Ю. А. Оценка эффективности проектов утилизации аэрокосмической техники

[Текст] / Ю. А. Глухова, О. В. Малеева // Людина і космос : збірник тез X Міжнар. молодіжної наук.-практ. конф., 9-11 квітня 2008 р. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 342.

7. Кобиляцький, Л. С. Управління проектами [Текст] / Л. С. Кобиляцький. – К. : МАУП, 2002. – 200 с.

8. Боргест, Н. М. Краткий словарь авиационных терминов [Текст] / Н.М. Боргест, А.И. Данилин, В.А. Комаров. – М. : МАИ, 1992. – 224 с.

9. ГОСТ 1639-93. Лом и отходы цветных металлов и сплавов. Общие технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 1639-78; введ. от 1.01.2000 ; изменен 01.11.2002. – М. : Стандартинформ, 2005. – 59 с.

10. ГОСТ 2787-75. Металлы черные вторичные. Общие технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 2787-63. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1997. – 53 с.

Поступила в редакцию: 12.11.2014, рассмотрена на редколлегии 18.11.2014

Рецензент: д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры управления проектами в городском хозяйстве и строительстве М. К. Сухонос, Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, Харьков.

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО РІВНЯ ДЕКОМПОЗИЦІЇ ОБ'ЄКТА ПРИБУТИЛІЗАЦІЇ СКЛАДНОЇ ТЕХНІКИ

Ю. А. Білокін

Розглянуто поняття комплексної утилізації складної техніки, виділено базові напрями утилізації, а саме: знищення і поховання техніки, комерціалізація і переробка у вторинну сировину, а також їх різні комбінації. Запропоновано представлення об'єкту утилізації як сукупності елементів, що підлягають напрямкам подальшої обробки. Сформовано показники ефективності проекту утилізації. Запропоновано подання вартісних показників витрат і доходу проекту з точки зору подальших напрямів поводження з компонентами складної техніки. Проведено аналіз залежності вартісних показників проекту утилізації від рівня декомпозиції об'єкту утилізації на компоненти. На підставі цього сформульовано рекомендації щодо вибору стратегії утилізації.

Ключові слова: утилізація складної техніки, рівень декомпозиції, фінансові показники, сортність металобрухту.

CHOICE OF RATIONAL LEVEL OF OBJECT DECOMPOSITION AT SOPHISTICATED MACHINERY RECYCLING

J. A. Bilokin

The concept of complex recycling of sophisticated machinery is considered, the basic directions of recycling are formulated, namely: destruction and burial of equipment, commercialization and processing in secondary raw materials, and also their various combinations. Representation of recycling object as set of the elements which are subject to the subsequent processing directions is offered. The efficiency indicators of recycling project are formed. Representation of cost indexes of the project expenses and the project income from the point of view of the subsequent directions of handling the sophisticated machinery components is offered. The analysis of dependence of recycling project cost indexes from the decomposition level of recycling object on components is carried out. On the basis of it recommendations about the recycling strategy choice are formulated.

Key words: sophisticated machinery recycling, decomposition level, financial indicators, metal scrap grade.

Белоконь Юлия Анатольевна – канд. техн. наук, науч. сотр. кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: ulia_g1@mail.ru.