

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОХРАННОЙ РАЗБОРКИ В РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ РЕМОНТА СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Е. В. Коноплянченко, к.т.н., доцент,
В. Н. Колодненко, ст. преподаватель.
Сумской национальный аграрный университет

В статье рассмотрены вопросы ремонта средств транспорт, к которым предъявляются повышенные требования по безопасности эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту, в силу специфических особенностей их конструкции и функционального назначения. Представителем таких средств является морской транспорт с ядерными силовыми установками.

На этапе ремонта и модернизации таких изделий возникает необходимость их разборки до вышедшей из строя детали. Однако в реальных условиях эксплуатации оборудования может меняться не только тип соединения входящих в него деталей, но и степень их воздействия на окружающую среду (химическая, радиологическая опасность и т.д.), что непременно приводит к изменению набора задействованных при разборке методов. Предлагается адаптировать метод сохранной разборки, получивший название «Распространение Волны Разборки», суть которого состоит в определении последовательности частичной разборки минимизированной по количеству отделяемых от изделия элементов, для специфических условий эксплуатации оборудования.

Основная идея приведенной в работе концепции заключается в разработке методологии системного подхода к проектированию высокоэффективных технологических систем, применяемых при реконструкции, модернизации и восстановлении работоспособности технических средств и объектов материального производства в машиностроении.

Практическое применение предлагаемого подхода позволит повысить качество и безопасность процесса ремонта и модернизации такой сложной техники, как средства транспорта специального назначения, а внедрение формализованной методики в условиях реального производства позволит повысить уровень и эффективность использования имеющихся средств технологического оснащения.

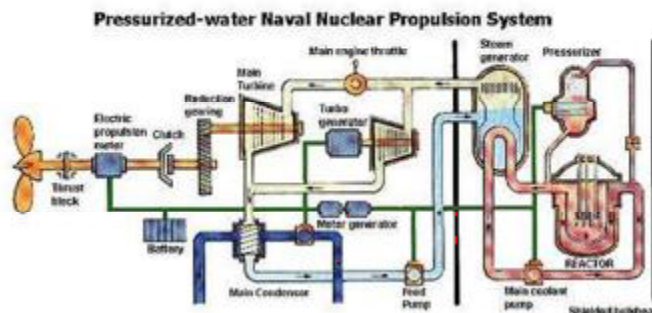
Ключевые слова: специализированные средства транспорта, ресурсосберегающие технологии, ремонт, модернизация, сохранная разборка.

Постановка проблемы. Среди всего разнообразия средств транспорта, в отдельную группу, можно выделить такие средства, к которым предъявляются повышенные требования по безопасности эксплуатации, техническому обслужи-

ванию и ремонту, в силу специфических особенностей их конструкции и функционального назначения. Представителем таких средств является морской транспорт с ядерными силовыми установками (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Схема расположения (а) и схема работы (б) корабельной ядерной установки

Безопасность ядерных установок требует системной организации работ. Для безопасности эксплуатации такого рода оборудования существует масса нормативной документации, такой как стандарт организации СТО СМК-117-2009 «Обеспечение безопасности ядерных установок», который: отражает приверженность организации требованиям культуры безопасности; распространяется на сотрудников (специалистов),

осуществляющих разработку всех типов ядерных установок, находящихся в компетенции организации; формирует систему мер по комплексному решению вопросов безопасности создаваемых и эксплуатируемых установок; устанавливает требования к организации и содержанию работ, связанных с обеспечением безопасности ядерных установок и их составных частей для всех этапов жизненного цикла; определяет обязанности и

взаимодействие должностных лиц и подразделений организации по обеспечению безопасности.

На этапе ремонта и модернизации таких из-

делий возникает необходимость их разборки до вышедшей из строя детали (рис. 2).

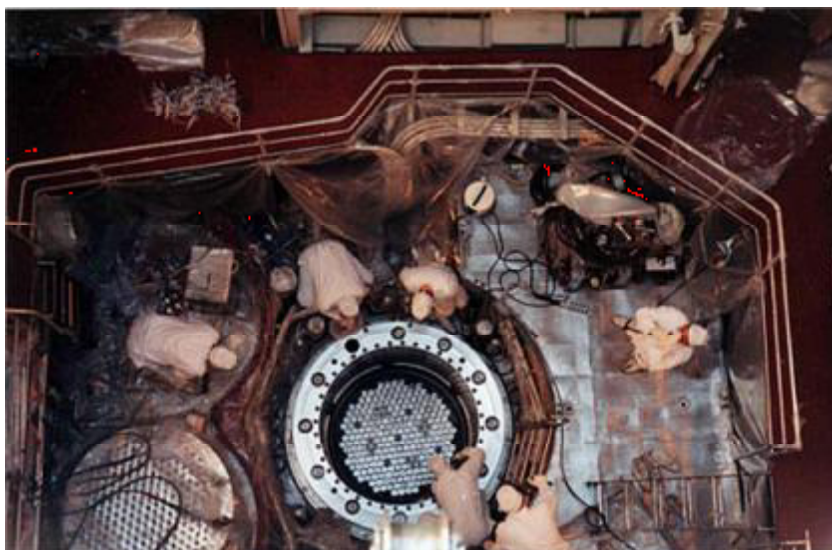


Рис. 2. Процесс ремонта ядерного реактора корабельной установки

Известно, что полная разборка оборудования при ремонте или модернизации – одна из нежелательных операций, так как даже при самой квалифицированной сохранной разборке нарушаются сопряжение приработанных деталей и нормальный натяг в пазах с неподвижными посадками. Часть деталей при разборке повреждается (ломаются приливы, лапки, фланцы, сбиваются грани болтов, гаек, разрушаются шплинты, заклепки и т. п.). Агрегаты и детали, не требующие ремонта, вообще не рекомендуется снимать с оборудования из-за возможного снижения работоспособности машин в целом. Поэтому перед разборкой оборудования важно определить объективную потребность выполнения работ [1].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В реальных условиях эксплуатации оборудования может меняться не только тип соединения входящих в него деталей, но и степень их воздействия на окружающую среду (химическая, радиологическая опасность и т.д.), что непременно приводит к изменению набора задействованных при разборке методов.

С этой целью предлагается адаптировать метод сохранной разборки, получивший название «Распространение Волны Разборки», суть которого состоит в определении последовательности частичной разборки минимизированной по количеству отделяемых от изделия элементов, для специфических условий эксплуатации оборудования [2].

Данным подходом решаются две задачи:

- построение волны разборки, для определения топологии доступа к детали до которой необходимо выполнить разборку;
- определение точек пересечения волн разборки для формирования множества вариантов

последовательности разборки изделия.

В общем случае в процессе разборки изделия рассматриваются два вопроса – полная и выборочная (частичная) разборка. Проиллюстрируем оба варианта при помощи геометрической модели (рис. 3). При этом сама геометрическая модель сборочной единицы или изделия (А) является совокупностью деталей (компонентов) (С) в ходящих в множество последовательностей разборки (S).

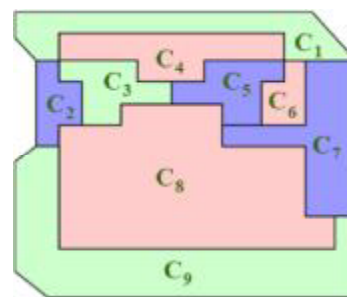


Рис. 3. Модель изделия для иллюстрации процесса разборки

В случае полной разборки (CD) все детали изделия А содержатся в последовательности S. Для примера, представленного на рис. 3 данная последовательность описывается выражением:

$$S = \{C_9, C_7, C_1, C_2, C_8, C_6, C_4, C_3, C_5\}$$

В случае частичной разборки (SD) процесс выполняется только до необходимой детали или их совокупности. Например, для совокупности целевых деталей $C = \{C_3, C_5\}$ (рис.1) одним из вариантов разборки может быть последовательность $S = \{C_1, C_4, C_3, C_5\}$. Однако при необходимости доступа к одной или n деталям в изделии А возникает вопрос минимизации отделяемых деталей т.е. вопрос поиска оптимальной последовательности разборки.

довательности разборки (OS).

Решения проблемы частичной разборки (SD) методом «Распространение волны» (Wave Propagation (WP)) происходит согласно алгоритму автоматизированного поиска варианта последовательности S частичной разборки SD, который учитывает m – количество деталей C до которых необходимо выполнить разборку в изделии A состоящего из n - элементов. Данный алгоритм выполняет обработку для двух условий частичной разборки:

1. SD до одной детали – определяемой как SingleSD(m= 1),
2. SD до m- деталей (1 < m < n) – определяемой как MultipleSD.

При этом целевым элементом (target component - C_x) является деталь до которой необходимо выполнить разборку. Деталью первой «волны» являются детали имеющие сопряжения (поверхность контакта) с целью. Во вторую волну входят детали имеющие поверхности сопряжения с деталями первого круга, и т.д. до «граничных» элементов (boundary component - C_b), находящихся на поверхности изделия. Рисунок 4 иллюстрирует распространение волны разборки от элемента C_x.

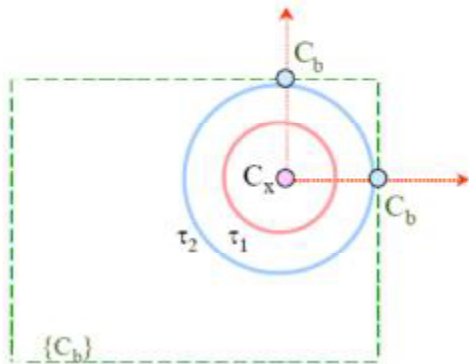


Рис. 4. Распространения волн разборки

Пример применения волн разборки приведен на рисунке 5, где целевым компонентом является C_x = C₁₆. Для демонтажа элемента C₁₆ –

необходимо удалить элемент C₁₇ в волне tau₁, а C₁₇ демонтировать после удаления элемента C₁₈ в волне tau₂.

C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂
C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈
C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄
C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀
C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₃₅	C ₃₆
C ₃₇	C ₃₈	C ₃₉	C ₄₀	C ₄₁	C ₄₂

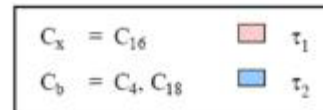


Рис. 5. Элементы разбираемого изделия.

Таким образом формируется последовательность S = {C₁₈, C₁₇, C₁₆}. Также может существовать альтернативная последовательность S = {C₄, C₁₀, C₁₆}. Используя данный метод в этом конкретном примере анализу подвергаются всего 13 элементов, что значительно меньше общего количества компонентов (n = 42) в изделии.

Кроме этого, при анализе возможности разборки, данный метод учитывает различные виды геометрических ограничений на перемещение элементов (винты, болты, заклепки и т.д.).

Волны разборки представляются в виде графа степени удаленности, узлы которого соответствуют деталям в волне разборки, а дуги – степени удаленности между деталями. Рисунок 6 иллюстрирует tau и beta – распространение волн, где tau_a – волна определяет множество деталей в a-том фронте волны из всей совокупности C_x, а beta_a – волна определяет количество граничных или удаляемых деталей из сборочной единицы или изделия A.

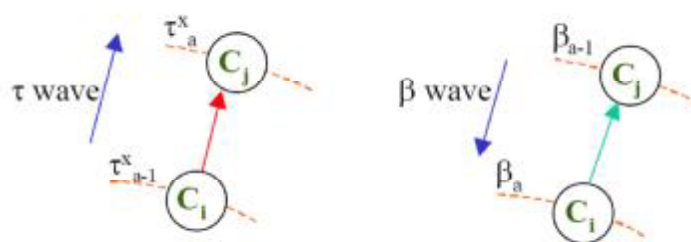


Рис. 6. Граф распространения tau и beta волн разборки

На графе tau – волна от C_i до C_j компонента изделия, представленных в графе как C_i → C_j, подразумевает, что C_i компонент будет демонтирован только после удаления компонента C_j.

При этом beta – волна от C_i ∈ beta_{a-1} до C_i ∈ beta_a, представленная в графе как C_i → C_j обозначает, что C_i компонент перейдет в статус граничного после демонтажа всех компонентов C_j.

Математическое описание события «пересе-

чения t и β волн» представляется как:

для любого m ($1 \leq m \leq s$) пересечение t - волны ($t^{x1}, t^{x2}, \mathbf{L}, t^{xm}$, где $C_{x1}, C_{x2}, \mathbf{L}, C_{xm} \in C$) и β - волны в $C_W \in A$, подразумевая, что $C_W \in t^{x1}, t^{x2}, \mathbf{L}, t^{xm}, b$.

Процедура пересечения волн определяет

$$S = \left\{ C_b \xrightarrow{P} C_W, C_W \xrightarrow{P} C_{x1}, C_W \xrightarrow{P} C_{x2}, \mathbf{L}, C_W \xrightarrow{P} C_{xm} \right\},$$

для $C' = \{C_{x1}, C_{x2}, \mathbf{L}, C_{xm}\} \subseteq C$ и $C_W \in A$.

Суть процедуры сводится к поиску компонента в котором пересекаются волны, что позволяет формировать оптимальную, с точки зрения минимизации количества отделяемых компонентов последовательность.

Адаптация вышеприведенного метода состоит в формализации процесса разборки изделий с учетом влияния, как условий эксплуатации на изделие, так и учета степени влияния остаточных негативных эксплуатационных факторов в изделии на окружающую среду.

Изделие, с точки зрения технологии разборки представляется совокупностью видов соединений входящих в него деталей. При этом период эксплуатации изделия представляется как функция $E = f(t, u, v)$, зависящая от ряда факторов: t – времени эксплуатации; u – условий эксплуатации; v – степени остаточного воздействия на окружающую среду. Фактор времени – за длительное время эксплуатации деталей даже в нормальных условиях происходит изменение вида соединения, связанное например, с износом пар трения, изменения физических свойств деталей находящихся в контакте (пересыхание резиновых уплотнений, намагничивание поверхности контакта и т.д). Фактор условий эксплуатации – воздействие агрессивной среды, запыленность рабочей зоны, термовоздействие, тяжелые нагрузки, эксплуатация в условиях жесткого излучения (повышенная радиация), и др. виды заражения. Фактор степени остаточного воздей-

минимально необходимое количество отсоединяемых элементов. Допустим $C_i \xrightarrow{P} C_j$ обозначает минимальнокомпонентную последовательность разборки от C_i до C_j . Тогда каждое пересечение t - волны ($t^{x1}, t^{x2}, \mathbf{L}, t^{xm}$), для $m > 0$ определяется как:

ствия на окружающую среду – определяет степень последствий воздействия неблагоприятных условий эксплуатации на изделие в целом, и входящие в него детали в частности (взрывоопасность, остаточная радиационное излучение, биологическая опасность и т.д.).

Все вышеуказанные факторы оказывают влияние, по отдельности и в своей совокупности, не только на трансформацию видов соединений, но и на генерацию последовательности частичной разборки изделий до вышедшей из строя детали. Кроме того, выбор производственных условий на ремонтном предприятии и средств технологического оснащения также зависит от комбинации их влияния [2].

Так как задача выбора технологий разборки является инвариантной, т.е. реализуемой различными методами или их комбинацией, на первом этапе направленного выбора формируем матрицу достижимости решения задачи $R = [r_i]$, которая определяется следующим образом:

$$r_i = \begin{cases} 1, & \text{если вершина } P_0 \text{ достижима из } P_i, \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \text{ где}$$

P_0 – решение задачи; P_i – элемент решения.

Таким образом происходит отсев всех вариантов, которые не позволяют достичь необходимые требования (тупиковые варианты).

Возможные варианты реализации задачи частичной разборки представим в виде графа (рис.7).

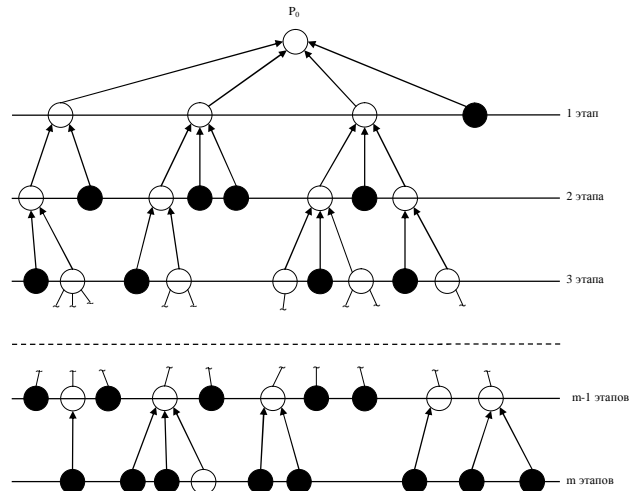


Рис. 7. Граф реализации задачи (дерево решений)

Граф является ориентированным, вершина которого P_0 является решением задачи, уровни графа соответствуют этапам решения, т.е. количеству задействованных методов из возможных « m » вариантов комбинаций. Узлы графа – методы достижения необходимых требований. Ребра графа – технологии, позволяющие реализовать методы. В графе имеются висячие вершины – нижний уровень разбиения задачи.

Граф строится согласно матрицы достижимости R , в которой множество вершин $R(P_i)$ графа достижимых из вершин P_0 состоит из таких элементов P_i , для которых i -й элемент в матрице равен 1.

В этом случае математическая модель процедуры направленного выбора технологий реин-

жиниринга представляется в виде гиперкуба, набор плоскостей которого соответствует методам разборки, а сами плоскости представляют собой матрицы средств технологического оснащения и соответствующих им технологических режимов.

Данная модель позволяет построить матрицу смежности методов $A = [a_{i,j}]$ (рис. 8), которая определяется следующим образом:

$$a_{i,j} = 1, \text{ если существует связь между методами } (M_i, M_j)$$

$$a_{i,j} = 0, \text{ если связи нет.}$$

Матрица имеет размерность $n \times n$ по числу анализируемых методов.

A =

0	0	0	1	0	...	0	1
0	0	1	0	0	...	0	2
1	0	0	0	0	...	0	3
0	0	0	0	1	...	0	4
0	0	0	0	0	...	1	5
...
0	1	0	0	0	...	0	n
M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	...	M_n	

Рис. 8 Матрица смежности методов разборки.

Заполнение матрицы происходит построчно. Согласно графа реализации задач (рис. 7.) строка матрицы соответствует набору методов, а столбец определяет сложность решения задачи (количество этапов).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Множество решений данной задачи на качественном уровне описывается уравнением (необходимое условие):

Вісник Сумського національного аграрного університету

$$\forall_{y \in \Psi} R_y = \{R | g_R^{\min} \leq g_R \leq g_R^{\max}\},$$

т.е. для всех существующих вариантов решения задачи (совокупности технологий) заложённые критерии по качеству процесса должны находиться в области допустимых значений $I_{P_0}^{\min} \leq I_{P_0} \leq I_{P_0}^{\max}$, по прогнозированию вероятности

бездефектной разборки ответственных изделий, по обеспечению заданной точности, герметичности и т.п. Кроме того, одним из приоритетных критериев является экологическая безопасность

доступа к деталям, которые работают в условиях опасных для человека и/или окружающей среды.

Решением задачи на технологическом уровне (достаточное условие):

$$\exists_{x \in q} R_x = \prod_{y=1}^c R_y \vee \exists_{f=1}^j M_f \vee \exists_{z=1}^c STO_z \vee \exists_{e=1}^t TP_e,$$

где $\exists_{x \in q} R_x$ – существующий вариант решения задачи; $\prod_{y=1}^c R_y$ – совокупность вариантов решения задачи, удовлетворяющих необходимому условию; $\exists_{f=1}^j M_f$ – наличие методов решения задачи для каждого варианта; $\exists_{z=1}^c STO_z$ – наличие средств технологического оснащения, способных

реализовать необходимые методы; $\exists_{e=1}^t TP_e$ –

наличие необходимых технологических режимов для средств технологического оснащения под каждый метод.

В этом случае из технологических себестоимостей вариантов решения задачи удовлетворяющего необходимому и достаточному условию формируется множество, согласно выражения [3]:

$$\{C_{P_0}\} = \mathbf{U}_{k \in X} \{C_{P_0}(k) \mid \exists_{x \in q} R_x = \prod_{y=1}^c R_y \vee \exists_{f=1}^j M_f \vee \exists_{z=1}^c STO_z \vee \exists_{e=1}^t TP_e, \forall_{y \in \Psi} R_y = \{R \mid g_R^{\min} \leq g_R \leq g_R^{\max}\}\}$$

Оптимизационная задача по экономическим критериям (минимуму технологической себестоимости) тогда представляется выражением:

$$P_0^{opt} = \mathbf{I} \lim_{C_{mex} \rightarrow \min} P_0 \mid C_{mex} \in \{C_{P_0}\}.$$

ВЫВОДЫ

Основная идея приведенной в работе концепции заключается в разработке методологии системного подхода к проектированию высокоэффективных технологических систем, применяемых при реконструкции, модернизации и восстановлении работоспособности технических

средств и объектов материального производства в машиностроении.

Практическое применение предлагаемого подхода позволит повысить качество и безопасность процесса ремонта и модернизации такой сложной техники, как средства транспорта специального назначения, а внедрение формализованной методики в условиях реального производства позволит повысить уровень и эффективность использования имеющихся средств технологического оснащения.

Список використаної літератури:

1. Коноплянченко Е.В. Обеспечение качества реинжиниринга сложной техники внедрением ресурсосберегающих CALS-технологий в ремонтном производстве/ Коноплянченко Е.В., Герасименко В.А., Колодненко В.Н.// Вісник ХНТУСГ. Технічний сервіс машин для рослинництва – Харків: ХНТУСГ. – 2013. – Вип. 134 – С.80-86.
2. Коноплянченко Е.В. Применение метода «распространяющейся волны» в прикладных задачах оптимизации частичной разборки ответственных изделий машиностроения/ Коноплянченко Е.В., Герасименко В.А., Колодненко В.Н.//Вісник ХНТУСГ. Проблеми технічної експлуатації машин. Системотехніка і технології лісового комплексу – Харків: ХНТУСГ. – 2010. – Вип. 94 – С.123-129.
3. Коноплянченко Е.В. Особенности внедрения и пути решения проблемы информационной поддержки процессов жизненного цикла изделий на этапе их ремонта и модернизации/ Коноплянченко Е.В., Колодненко В.Н., Герасименко В.А.// Современные информационные технологии, средства автоматизации и электропривод: Материалы Всеукраинской научно-технической конференции, посвященной 60-летию ДГМА (17–21 декабря 2012 г.). – Краматорск: ДГМА, 2012. – С.120-122.

Коноплянченко Є.В., Колодненко В.М. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ОЩАДНОГО РОЗБИРАННЯ У РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЯХ РЕМОНТУ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті розглянуті питання ремонту засобів транспорту, до яких пред'являються підвищені вимоги по безпеці експлуатації, технічному обслуговуванню та ремонту, у силу специфічних особ-

ливостей їх конструкції та функціонального призначення. Представником таких засобів є морський транспорт із ядерними силовими установками.

На етапі ремонту та модернізації таких виробів виникає необхідність їхнього розбирання до деталі, що вийшла з ладу. Однак у реальних умовах експлуатації встаткування може мінятися не тільки тип з'єднання вхідних у нього деталей, але й ступінь їхнього впливу на навколишнє середовище (хімічна, радіологічна небезпека і т.д.), що неодмінно приводить до зміни набору задіяних при розбиранні методів. Пропонується адаптувати метод ощадного розбирання, що одержав назву «Поширення Хвилі Розбирання», суть якого складається у визначенні послідовності часткового розбирання мінімізованої по кількості відокремлюваних від виробу елементів, для специфічних умов експлуатації встаткування.

Основна ідея наведеної в роботі концепції полягає в розробці методології системного підходу до проектування високоефективних технологічних систем, застосовуваних при реконструкції, модернізації та відновленні працездатності технічних засобів і об'єктів матеріального виробництва в машинобудуванні.

Практичне застосування пропонованого підходу дозволить підвищити якість і безпеку процесу ремонту та модернізації такої складної техніки, як засоби транспорту спеціального призначення, а впровадження формалізованої методики в умовах реального виробництва дозволить підвищити рівень і ефективність використання наявних засобів технологічного оснащення.

Ключові слова: спеціалізовані засоби транспорту, ресурсозберігаючі технології, ремонт, модернізація, ощадне розбирання.

Konoplyanchenko E.V., Kolodnenko V.N. SAVE DISASSEMBLY FEATURES APPLICATION IN THE RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES REPAIR OF TRANSPORT SPECIAL PURPOSE

In article considered the questions of means transport repair to which increased requirements on safety of operation are shown, to maintenance service and repair, by virtue of specific features of their design and functional purpose. The representative of such means is sea transport with nuclear power-plants.

At a stage of reconditioning and upgrading of such products there is a necessity of their disassembly up to the failed detail. However in real service conditions of the equipment can vary not only type of bridging of details entering into it, but also a degree of their influence on an environment (chemical, radiological danger, etc.), that by all means leads to change of a set of the methods involved at disassembly. It is offered to adapt the method of the safe disassembly which have received the name «Wave Propagation of Disassembly» which essence consists in definition of sequence of partial disassembly minimized on quantity of elements separated from a product, for specific service conditions of the equipment.

The basic idea of the concept resulted in work consists in development of methodology of the system approach to designing the highly effective technological systems applied at reconstruction, upgrading and reduction of working capacity of means and objects of production of goods in mechanical engineering.

Practical application of the offered approach will allow to increase quality and safety of process of reconditioning and upgrading of such complex engineering as transport of special purpose, and introduction of the formalized technique in conditions of real manufacture will allow will increase a level and efficiency of use of available means of technological equipment.

Keywords: specialized transport, safe resource technology, repair, modernization, safe disassembly.

Стаття надійшла в редакцію: 26.09.2013р.

Рецензент: д.т.н., професор Лавров Є.А.