

## ОБЩИЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ КОМПЛЕКСНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ СОСТАВНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Лебедь В.Т. (АО «НКМЗ», г. Краматорск, Украина)  
[bots@nkmz.donetsk.ua](mailto:bots@nkmz.donetsk.ua)

**Аннотация.** По результатам рассмотрения, изучения и классификации крупногабаритных изделий, имеющих форму тела вращения, выделен класс деталей, подлежащий процессу восстановления после отработки ими ресурса по рабочей поверхности. С учетом результатов анализа трудоемкости изготовления таких изделий определен весовой диапазон изделий, относящийся к классу тяжеловесных деталей. Повторное использование их (деталей) обеспечивает снижение затрат по трудоемкости, энергоемкости и уменьшает показатель материалоемкости. Приведены базовые положения восстановления указанных изделий

**Ключевые слова:** тяжелое машиностроение, ресурсосберегающая технология, восстановление крупногабаритных изделий

### 1. Введение

Общее состояние экономики государства во многом определяется уровнем развития энергетической, горнорудной, металлургической, химической и машиностроительной отраслей промышленности, в которых широко используются подъемно – транспортное, кузнечно-прессовое, прокатное и прочее оборудование [1].

В рассматриваемом оборудовании в ряде агрегатов и машин, работающих в циклических режимах при широком диапазоне динамических нагрузок, используются крупногабаритные, тяжеловесные детали, которые характеризуются соответствующей геометрической формой исполнения и выполняют свое функциональное назначение.

Функционально-стоимостной анализ цикла изготовления указанных деталей (изделий) [2] в моноблочном и составном исполнениях в тяжелом машиностроении и сроков их эксплуатации в вышеуказанных агрегатах и машинах показывает, что указанная продукция характеризуется высоким уровнем стоимости, соответствующим нескольким сотням тысяч условных единиц, при циклах изготовления в несколько месяцев, а эксплуатации - до десяти-пятнадцати лет.

Особенностью процессов восстановления крупногабаритных изделий является их отношение к мелкосерийному, а во многих случаях - к единичному производству. Отмечается индивидуальный подход при выполнении основных операций в процессе повторного использования деталей, которые на момент определения их применения имеют различное функциональное назначение: от демонтированных деталей, идущих на переплав до заготовок и полуфабрикатов (повторноиспользуемых охватываемых деталей), идущих на восстановление изделия.

При изучении выбранного направления ресурсосбережения предлагаемый подход подчеркивает целесообразность создания комплекса мероприятий и блока технологических операций применительно к восстанавливаемому классу изделий, имеющих форму тел вращения.

Выполненные изыскания указывают на актуальность изучения состояния отработавших ресурс изделий и реализации их процессов восстановления путем повторного использования демонтированных деталей изделий в различных комбинациях: вторично используемые и новые (вновь изготовленные) детали.

## 2. Основное содержание и результаты работы

Согласно анализу статистических данных результатов эксплуатации, в частности, составных опорных прокатных валков толстолистного стана 3000 было установлено, что при отработке ими ресурса по рабочему слою за более, чем восьмилетний их период эксплуатации, остаточный ресурс изделия по числу циклов нагружения остается достаточно высоким. В этих изделиях отмечено высокое качество их геометрических поверхностей при соответствии большинства геометрических параметров техническим требованиям и нормативным показателям технической документации на данную продукцию.

В области прокатного передела к рассматриваемым деталям, работающим в циклическом режиме, предъявляются высокие эксплуатационные показатели [3], что требует в области тяжелого машиностроения при их изготовлении обеспечения высокого качества заготовок (поковок) при соответствующем химическом составе марки стали, контроля макро (микро) структуры, и выполнения требований к процессу изготовления этих изделий.

Для отработки и реализации комплексных решений в области рассматриваемого ресурсосберегающего направления, указанные валки были приняты в качестве базовых изделий, которые согласно классификации [4] относятся к категории «инструмент» и входят в класс 76. Для указанных деталей, с учетом их динамического режима работы и современных требований к их эксплуатации, например, в совокупности с гидронажимными устройствами в процессе горячей прокатки листового проката на станах 1680 ... 5000, необходимо обеспечение повышения их надежности и долговечности путем введения дополнительных мероприятий в процессе их изготовления (или восстановления).

Руководствуясь общими положениями определения основных форм крупногабаритных деталей [4, 5], возможно их условное разделение на следующие классы (табл. 1): 1) тела вращения (валы, валки, винты, шпинделя и пр.); 2) не тела вращения (корпусные, опорные, емкостные изделия и пр.); 3) тела вращения у которых один из (или несколько) элементов имеет(ют) ось(и), не совпадающую(ие) с общей геометрической осью изделия. При этом, в зависимости от величины смещения элементов детали относительно их общей геометрической оси изделия, они могут быть отнесены к эксцентриковым валам, к кривошипам или коленчатым валам (рис. 1, 2).

При этом конструкция крупногабаритных изделий [3] в моноблочном или составном исполнении определяется производственными мощностями металлургического производства машиностроительных предприятий.

Для определения целесообразности повторного использования отработавших ресурс изделий и установления его исходного весового показателя, от которого использование детали под восстановление имеет положительную оценку, был выполнен анализ затрат полного цикла производства валков, относящихся к первому классу. Объем рассмотренных изделий состоял из 20 типоразмеров аналогичной конструкции в весовом диапазоне от 0,5 т до 40,0 т.

В результате изучения изменения затрат в процессе производства было установлено следующее (рис. 3): 1) при увеличении массы изделия с 0,5 т до 20,0 т отмечается снижение трудоемкости на механическую (3) и термическую (2) обработки при относительно незначительном (до 0,9 %) ее увеличении в металлургическом (1) производстве; 2) от 20,0 т до 40,0 т – отмечается возрастание трудоемкости на механическую и термическую обработки при снижении ее (на 0,8 %) при производстве отливки и, соответственно, поковки; 3) при увеличении массы изделия от 40 т следует отметить значительное возрастание трудоемкости на механическую и термическую

обработки при незначительном снижении затрат в металлургическом цикле в процессе производства заготовок.

Таблица №1. Основные классы крупногабаритных изделий тяжелого машиностроения

Класс изделия	Форма крупногабаритных изделий	Положение элементов детали относительно общей геометрической оси	Общий вид основного представителя изделий
I	Тела вращения <sup>1</sup> (валы, валки, винты, шпинделя)	симметричные	
II	Не тела вращения <sup>2</sup> (корпусные, опорные и емкостные изделия)	симметричные	
		асимметричные	
III	Тела вращения <sup>3</sup> у которых один из (или несколько) элементов имеет(ют) ось(и), не совпадающую(ие) с общей геометрической осью детали (эксцентрик вал с концентричной наружной поверхностью (рис. 1), кривошип двухсторонний с двумя шипами (рис. 2), коленчатый вал).	асимметричные	<div style="text-align: center;">   рис. 1 </div> <div style="text-align: center;">   рис. 2 </div>

Проведенные исследования показывают, что при достижении рассматриваемых типоразмеров деталей изделий массы в 20 тонн, отмечаются высокие показатели как при энерго – трудозатратах, так и металлоемкости изделия, что обеспечивает значительное снижение этих показателей при их повторном использовании и подтверждается целесообразность создания технологических процессов по повторному

<sup>1</sup> Детали-тела вращения с элементами зубчатых зацеплений и пр. (класс 72 [4]) в данной работе не рассматривались.

<sup>2</sup> Детали – тела не вращения: плоские, рычажные, грузовые и пр. (класс 74 [4]) не рассматривались

<sup>3</sup> Из деталей тела вращения и (или) не тела вращения (класс 75 [4]) выбраны и рассмотрены эксцентрики с эксцентричной наружной поверхностью, эксцентрики с концентричными наружными поверхностями и с эксцентрично расположенным базовым отверстием (по геометрической форме являются деталями-телами вращения с отверстием вне оси)

их использованию. Это позволяет указанное решение в рассматриваемом направлении считать наиболее актуальным, поскольку показатели материалосбережения, снижения трудоемкости изготовления и энергоемкости таких изделий являются определяющими в оценке процесса восстановления крупногабаритных изделий (рис. 3).

Согласно классификации по параметрическому признаку [5], указанные изделия характеризуются отношением геометрических размеров длины детали (L) к наибольшему диаметру (D) ее наружной поверхности и подразделяются на три подкласса с диапазонами [6]: L до 1,0D включ., с L свыше 1,0D до 5,0 D включ., и с L свыше 5,0D.

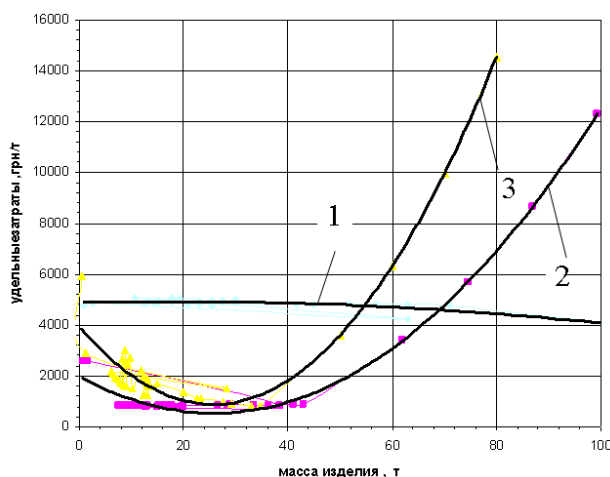


Рис. 3. Характер изменения затрат в процессе производства тяжеловесных изделий при увеличении их габаритов: - в металлургическом переделе (1), - при выполнении термических (2) и механических (3) операций обработок деталей

В соответствии с установленной градацией крупногабаритные тяжеловесные (более 20 т [5]) изделия, отнесенные к первому классу (после отработки ими ресурса по рабочей поверхности (табл. 2)), подлежат восстановлению в составном или моноблочном конструктивном исполнении [2].

Таблица 2. Показатели, определяющие вывод крупногабаритных изделий из эксплуатации

№	Наименование изделия первого класса	Под-класс изделия	Критерий отработки ресурса по рабочей поверхности (по ее величине износа) изделия	Обобщенная <sup>4</sup> величина параметра, определяющая вывод изделия из эксплуатации
1	Зубчатое колесо	I	$\Delta_1 \geq (0,15...0,20)S_{\text{ном.зуб.}}$	$S_{\text{min зуб.}} = [1 - (0,15...0,20)]S_{\text{ном.зуб.}}$
2	Прокатный валок	II	$\Delta_2 > (0,05...0,070)D_{\text{наружн.}}$	$D_{\text{min наружн.}} = [1 - (0,05...0,07)]D_{\text{наружн.}}$
3	Универсальный шпиндель прокатной клетки	III	$\Delta_3 \geq (0,02...0,03)d_{\text{расточк}}$	$d_{\text{max раст.}} = [1 + (0,02...0,03)]d_{\text{ном.раст.}}$

Где в табл. 2:  $S_{\text{ном.зуб.}}$  - номинальная толщина зуба делительная (для прямозубых

<sup>4</sup> Из рассмотренных изделий

передач) или окружная (для косозубых или шевронных передач;  $D_{\text{наружн.}}$  – наружный диаметр бандажа вала;  $d_{\text{расточк}}$  – диаметр расточки зева шпинделя под вкладыши;  $S_{\text{min зуб.}}$  – минимальная толщина зуба;  $D_{\text{min наружн.}}$  – минимальный наружный диаметр рабочей поверхности вала,  $d_{\text{ном. раст.}}$  – фактический диаметр расточки зева шпинделя.

Проведенные исследования подлежащих повторному использованию изделий позволили определить и сформировать ряд схем восстановления, базирующихся на применении демонтированных деталей составных изделий, а моноблочных изделий – в качестве исходной заготовки, с последующим доведением их в процессе обработки, под охватываемую деталь. Разработан комплекс мероприятий по повторному использованию отработавших ресурс изделий вышеуказанных подклассов, и ряд технологических схем восстановления применительно к зубчатым колесам, прокатным валкам и шпинделям [6, 7].

Создание указанных мероприятий базировалось на комплексном решении задач, состоящих из их классификации, изучения эксплуатационно-технических показателей и определения конструктивно-технологических схем, обеспечивающих восстановление изделий с ресурсом эксплуатации, близким к базовому варианту.

Изделия, относящиеся к первому классу и, принятые в качестве базовых деталей при исследованиях, реализуются в линиях прокатных клетей в качестве рабочего инструмента валков и основных деталей, обеспечивающих передачу крутящего момента от электроагрегатов через зубчатые колеса (I подкласс) редукторов и универсальные шпиндели (III подкласс) к вышеуказанным валкам (II подкласс).

Например, уравнения (1, 2, 3) позволяют установить характер изменения затрат изделий второго подкласса в металлургическом производстве (1, 2) и в механосборочном (3), соответственно:

$$Y_1 = -0,1257x^2 + 4,5269x + 4885,8; \quad (1)$$

$$R^2 = 0,9647;$$

$$Y_2 = -2,1728x^2 - 112,04x + 1977,2; \quad (2)$$

$$R^2 = 0,9876;$$

$$Y_3 = -4,6422x^2 - 238,94x + 3948,9; \quad (3)$$

$$R^2 = 0,9567;$$

где  $Y$  – удельные затраты при: • получении поковок в металлургическом производстве ( $Y_1$ ); • выполнении операций в процессе термической обработки ( $Y_2$ ); • проведении механической обработки (черновой и чистовой) ( $Y_3$ );  $x$  – общая масса рассматриваемого изделия, т;  $R^2$  – величина достоверности аппроксимации приведенных уравнений.

Вышеприведенные зависимости (1, 2, 3) показывают, что с увеличением массы изделия (начиная с 20т) отмечается эффективность использования комплекса мероприятий по повторному использованию демонтированных деталей изделий, имеющих высокие показатели по трудо-энергозатратам. В процессе восстановления изделий отмечены стабильно высокие показатели по ресурсосбережению (материалоемкости, трудоемкости и энергозатратам).

Это формирует следующую основную задачу цикла производства восстанавливаемых изделий в составном варианте – качество соединения в процессе выполнения сборки охватываемой и охватывающей деталей при обеспечении условия

равнопрочности сопрягаемых деталей.

Цикл восстановления таких изделий начинается с изучения состояния заготовок – демонтированных деталей (охватывающих или охватываемых), полученных путем демонтажа составного изделия отработавшего ресурс по рабочей поверхности с последующим переходом на технологические циклы металлургического производства (кузнечно-прессовая обработка – переков, термические обработки) и механосборочного производства (механообработка). Базовые положения выбора формы восстановления определяются чистым весом детали, габаритами и массой ее поковки (в частных случаях – отливки) при контроле химического состава марок сталей используемых при изготовлении изделия.

Обобщенный перечень базовых положений комплекса мероприятий сведен в табл. 3.

Основные положения маршрутных технологических процессов восстановления составных изделий следующие: демонтаж составных изделий, отработавших ресурс или вышедших из эксплуатации вследствие нерегламентируемой ситуации; изготовление заготовок из демонтированных осей валков и бандажей составных валков (в частности, путем перекова их на меньший типоразмер); комплекс термических, механических, вспомогательных операций при изготовлении деталей составных валков, монтаж и окончательная механическая обработка восстанавливаемых изделий.

В технологический процесс восстановления рассматриваемых составных изделий вышеуказанных подклассов входят следующие основные операции: 1) демонтаж составного изделия, отработавшего ресурс или вышедших из эксплуатации вследствие нерегламентируемой ситуации; 2) восстановление повторно используемой охватываемой детали; 3) изготовление новых охватывающих деталей при составном исполнении изделий; 4) выполнение комплекса термических, механических, вспомогательных операций в процессе обработки этих деталей; 5) сборка термовоздействием сопрягаемых деталей с последующей окончательной механической обработкой восстановленного составного изделия.

Основные положения для моноблочных изделий [6]: базовая маршрутная технология основана на изготовлении из моноблочного изделия, заготовки путем механической обработки охватываемой детали (оси валка) и ее сборки с вновь изготовленным бандажом (охватывающей деталью) при составном конструктивном исполнении валка или изготовлением поковки под охватываемую деталь меньшего типоразмера аналогичного изделия.

В общий цикл производства повторноиспользуемых деталей из моноблочного изделия входят комплексы термических, механических и вспомогательных операций при изготовлении деталей изделий, монтаж и окончательная механическая обработка восстанавливаемых изделий.

Исходя из разработанных мероприятий по восстановлению крупногабаритных изделий, установлены следующие варианты получения исходных заготовок, обеспечивающих эффективность материалоемкости восстанавливаемого изделия<sup>5</sup>: 1) при вторичном использовании охватывающей детали; 2) при перекове демонтированных охватывающей и (или) охватываемой деталей; 3) под охватывающую деталь путем механической обработки или при перекове моноблочного изделия под заготовку охватывающей детали меньшего типоразмера.

Основной перечень операций, преобладающих в технологиях восстановления, сгруппирован по видам: ○ токарные; ○ расточные; ○ фрезерные; ○ зуборезные, ○ зубошлифовальные, ○ шлифовальные.

---

<sup>5</sup> Технологии восстановления реализованы в условиях производства НКМЗ

Таблица 3. Обобщенные положения процесса восстановления крупногабаритных изделий в составном и моноблочном исполнениях

Основные положения процесса восстановления составных изделий	Изучение состояния изделия (статистическая обработка паспортных данных изделия, визуальный входной контроль, макро-микро анализы материала изделия, ультразвуковой контроль)
	Выбор процесса восстановления - индивидуально для каждого изделия
	Демонтаж составного изделия
	Повторный (дополнительный) контроль демонтированных деталей
	Операции по восстановлению охватываемой детали (оси валька, центра зубчатого колеса): - проведение термических, механических обработок под аналогичное равновеликое изделие; переков на меньший типоразмер.
	Восстановление охватывающей детали (бандажа валька, венца зубчатого колеса головок универсального шпинделя): проведение термических, механических обработок под аналогичное равновеликое изделие; переков на меньший типоразмер. Использование демонтированных изделий для других типов изделий в качестве исходной заготовки
	Сборка составного изделия (охватывающей и охватываемой деталей) термовоздействием
	Окончательная механическая обработка восстановленного изделия
Основные положения процесса восстановления моноблочных изделий в составном (1) и моноблочном (2) исполнениях	Изучение состояния изделия (статистическая обработка паспортных данных изделия, визуальный входной контроль, макро-микро анализы материала изделий, ультразвуковой контроль);
	Выбор процесса восстановления - индивидуально для каждого изделия;
	1) Рассмотрение моноблочной детали, как заготовки под охватываемое изделие (ось валька, центра зубчатого колеса): механическая и термическая обработки под равновеликое изделие. Переков на меньший типоразмер для восстановленного изделия меньшего типоразмера в составном исполнении);
	Реализация охватывающей детали (бандажа валька, венца зубчатого колеса головки шпинделя): путем перекова большего демонтированного изделия на меньший требуемый типоразмер. Проведение термических, механических обработок под аналогичное равновеликое изделие. Использование в качестве исходной заготовки для других аналогичных типов изделий;
	Сборка составного изделия (охватывающей и охватываемой деталей) термовоздействием;
	Механическая обработка восстанавливаемого изделия;
	2) Восстановление моноблочного изделия путем перекова под заготовку меньшего типоразмера аналогичного моноблочного изделия.

Исследования базовых изделий (валов) были проведены на всех основных стадиях изготовления восстанавливаемых деталей: с момента поступления запроса, начала проектирования, изготовления, и далее - до их ввода в эксплуатацию с учетом

контроля характера их работы. При параллельном ведении постоянного изучения результатов работы валков с учетом использования активного рабочего слоя: от лабораторных исследований в процессе изготовления изделия до условий обработки изношенного рабочего слоя в вальцетокарной мастерской.

### **3. Заключение.**

Установлен класс (первый) крупногабаритных изделий, детали которого принимаются к повторному использованию в процессе восстановления и комплектуются с повторным использованием одной или несколькими демонтированными деталями восстанавливаемое составное изделие. В результате анализа определен весовой диапазон, позволяющий определить целесообразность повторного применения демонтированных деталей тяжеловесных изделий. В общем цикле технологии восстановления изделий расставлены акценты, как в составном, так и моноблочном их исполнениях. Определены варианты конструктивных решений восстанавливаемых изделий и сформированы технологические схемы их (изделий) изготовления.

Комплексные изыскания и оценка указанных изделий с учетом конструктивных решений и технологических схем с доведением восстановленной продукции до ее реализации в производстве путем повторного использования деталей отработавших ресурс изделий, позволяют (по совокупности ряда критериев и показателей) сформировать в тяжелом машиностроении ресурсосберегающее направление по восстановлению крупногабаритных изделий.

Реализация разработанных схем восстановления изделий обеспечивает материалосбережение, снижение затрат по трудоемкости и энергоемкости в процессе их изготовления.

Разработанный комплекс мероприятий по восстановлению, в частности, прокатных валков и последующим их вводом в эксплуатацию под авторским надзором за ними в процессе работы, был реализован на изделиях в составном исполнении (в некоторых случаях, моноблочных) на нескольких типоразмерах опорных валков прокатных станов 1680, 2000, 2030, 2800, 3000, 3600 МК «Запорожсталь», Череповецкого и Липецкого МК, Мариупольских МК им. Ильича и «Азовсталь».

В процессе разработки указанного комплекса мероприятий был реализован ряд конструктивных исполнений восстановления изделий, в частности, прокатных валков (2 подкласс) путем корректирования профиля посадочной поверхности (а.с. 1508409) и для выравнивания уровня напряжений в охватывающей детали (втулке валка), введением промежуточного элемента – гильзы (втулки) между охватывающей и охватываемой деталями валка (патент РФ 2048937) с целью снижения и стабилизации фреттинг-процессов и ряд др.

**Список литературы:** 1.Справочник единой номенклатуры промышленной продукции, изготавливаемой предприятиями Минтяжмаша //Утв. начальником ПЭУ Л.А. Бусяцкой - М.: 1984. - 176с. 2. Лебедь В.Т. Технология восстановления крупногабаритных составных прокатных валков //Вестник национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Машиностроение. - К.: НТУУ «КПИ».-2008.- 52. С. 66-77. 3. Полухин В.П., Полухин П.И., Николаев В.А. Составной рабочий инструмент прокатных валков, Металлургия, 1977.- 88с. 4. Классификатор ЕСКД. Классы 71, 72, 73, 74, 75,76. Иллюстрированный определитель деталей. Пояснительная записка. /Разработан ВНИИНМАШ и ГНИЦВОК. М.: Из-во стандартов – 1986.-38 с. 5. Классификатор ЕСКД. Введение /Разработан ВНИИНМАШ и ГНИЦВОК. Утв. постановлением Госкомитета СССР от 06.09.1979 г. № 100. М.: Из-



во стандартов – 1988.-17 с. **6.** Лебедь В.Т. Общие положения технологии восстановления крупногабаритных прокатных валков //Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць.- Донецьк: ДонНТУ, Вип. № 36. 2008. - С. 94-101. **7.** Лебедь В.Т., Арпентьев Б.М. Сборка крупногабаритных изделий ответственного назначения с использованием термовоздействия //Вестник НТУ «ХПИ» Тематический выпуск «Технологии в машиностроении».-Харьков, Выпуск №2. 2009-С.74-83

Надійшла до редколегії 14.01.2010 р.

## **GENERAL APPROACH TO INTEGRATED PROCEDURES FOR LARGE COMPOUND PARTS RECONDITIONING**

**Lebed V.T.** («NKMZ» JSC, Kramatorsk, Ukraine)

*Based on the results of consideration, studying and classification of large-scale products in the shape of rotation body there has been specified class of parts entitled to recovery process after service life working-out over working surface. At the conclusion of ratio of labour to output analysis for such parts there has been specified weight range of parts referred to heavy parts. Reuse of these parts shall provide cost saving as for labor-output ratio, energy-output ratio and reduce materials-output ratio. There have been specified basic regulations for recovery of above-mentioned parts.*

**Key words:** heavy engineering, resource saving technologies, large parts reconditioning

## **ЗАГАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНИХ ЗАХОДІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ СКЛАДЕНИХ ВИРОБІВ**

**Лебідь В.Т.** (АТ «НКМЗ», м. Краматорськ, Україна)

*За результатами розгляду, вивчення і класифікації великогабаритних виробів, що мають форму тіла обертання, виділений клас деталей, що підлягає процесу відновлення після відпрацювання ними ресурсу по робочій поверхні. З урахуванням результатів аналізу трудомісткості виготовлення таких виробів визначений ваговий діапазон виробів, який відноситься до класу великовагових деталей. Повторне їхнє використання забезпечує зниження витрат по трудомісткості, енергоємності і зменшує показник матеріалоємності. Приведено базові положення відновлення зазначених виробів. Важке машинобудування, ресурсозберігаючі технології, відновлення великогабаритних виробів*

**Ключові слова:** важке машинобудування, ресурсозберігаючі технології, відновлення великогабаритних виробів.