

УДК 504.064.47

Волошин В. С.

О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОЗИЦИЙ ОТХОДООБРАЗОВАНИЯ

Самые простые эффекты, связанные с фазовыми переходами веществ, вызывают к существованию целую гамму полезной продукции, получаемой путем плавления, возгонки, пиролиза, кристаллизации, парообразования и т.д. В результате мы получаем изделия из металлов, в том числе, драгоценных, бензин, кокс, холодильные агрегаты и многое другое. Однако, если внимательно посмотреть на технологию производства каждой из указанных вещей, мы должны согласиться, что к ее производству причастны и многочисленные другие эффекты и явления – и физические, и химические, а иногда и эффекты из совершенно других областей знаний.

Способ воздействия инструмента на изделие в модели регламентируется набором совокупных законов, закономерностей, явлений, эффектов – физических, химических, геометрических, биологических и др., которые лежат в основе любого технологического процесса. Безусловно, что такое воздействие может носить как положительный характер, т.е. способствовать целенаправленному изменению состояния исходного сырья, так и отрицательный характер, приводящий к таким изменениям в части сырья, которые делают из него отход.

Кроме того, любое воздействие инструмента на исходную (сырьевую) заготовку, как и надлежит, вызывает ответную реакцию самой заготовки на инструмент. В результате, резцы и сверла тупятся и ломаются, наждачная бумага теряет свои абразивные свойства, отработанный шлак удаляется из печи в отвалы, пуансоны изнашиваются и теряют свою форму, трансформаторы сгорают, энергетические поля рассеиваются. Важнейшей особенностью таких деструктивных процессов является то, что весь этот инструмент, так или иначе, становится отходом. Поэтому мы можем с уверенностью говорить, что модели типа «инструмент – изделие» всегда участвуют в процессах отходообразования. Степень этого участия мы попробуем выяснить.

Ключевые слова: отходы, производство, инструмент, переработка.

Анализ последних исследований и публикаций.

В основе всех технологических процессов, а также в работе обеспечивающих их технических систем лежат самые разнообразные физические, химические и другие законы и закономерности, описывающие многообразие не только природных и искусственных явлений. В работах известного физика Ю. Горина, а позднее в работах Г.С. Альтшуллера, Б.Л. Злотина, М. А. Орлова [1 - 3] появились специальные указатели физических, а позднее, химических, биологических, геометрических эффектов, явлений, которые используются или могут быть использованы в самых различных технических системах, в технологических процессах.

Постановка проблемы.

Для реализации каждого из этих эффектов требуется некоторая материальная среда, сырье. А в результате реализации этих эффектов рождается новая продукция, зачастую весьма многообразная по номенклатуре и применению. Например, самые простые эффекты, связанные с фазовыми переходами веществ, вызывают к существованию целую гамму полезной продукции, получаемой путем плавления, возгонки, пиролиза, кристаллизации, парообразования и т.д. В результате мы получаем изделия из металлов, в том числе, драгоценных, бензин, кокс, холодильные агрегаты и многое другое. Однако если

внимательно посмотреть на технологию производства каждой из указанных вещей, мы должны согласиться, что к ее производству причастны и многочисленные другие эффекты и явления – и физические, и химические, а иногда и эффекты из совершенно других областей знаний.

Цель (задачи) исследования.

Классификация таких эффектов весьма необходима для изучения особенностей развития систем для получения продукции – и с точки зрения получения требуемого свойства или действия, с точки зрения применимости в той или иной технологии. И, как неотъемлемая часть любого производственного процесса, те или иные эффекты должны обладать определенными свойствами относительно способов и номенклатуры получаемых отходов в той или иной технологии.

Основной материал исследования.

Поэтому, можно говорить о некоторой характеристике отходообразования, которая свойственна тому или иному эффекту. Мы можем изучать имеющиеся классификаторы тех или иных эффектов с точки зрения их причастности к образованию отходов. Подобная попытка предпринята в таблице 1.

Таблица 1 – Причины и источники отходообразования при реализации некоторых физических и химических эффектов, явлений, способов воздействия

Эффект, явление, способ	Требуемое свойство, действие	Технологический процесс, где используется эффект	Характеристика отходов
Электро- и магнитосепарация	Разделение смесей	Горно-металлургическая добыча и переработка	Потери Железосодержащего сырья до 20%
Центробежные силы		Пищевая промышленность	Потеря материала до 5% от исходного
Диффузия		Сварка давлением	Энергетические потери до 90%
Сорбция		Технологии нефтесборки на воде	Потеря отработанного сорбента до 100%
Центробежные силы	Управление движением жидкости, газа	Пылеочистка воздуха и газов	Потери пыли до 25%
Капиллярность			
Осмоз			
Ультразвук	Образование смесей и растворов	Технология получение растворов с трудно растворимыми компонентами	Отходы в виде не растворившихся остатков до 10%
Кавитация		Технология создания насыщенных газовых растворов	?
Диффузия		Применение мембранных технологий	Потери в виде оста-точного диффундирующего материала до 30%

Продолжение таблицы 1

Фазовые переходы	Изменение температуры	Плавление, затвердевание веществ	Теплопотери до 65%
		Парообразование	Рассеяние капель до 20%
Использование вихревых токов		Нагрев и плавление металла	Теплопотери до 15%
Электронная обработка			Теплопотери до 5%
Фиксация в жидкостях, твердеющих в магнитном и электрическом полях	Стабилизация положения объекта	Робототехника, электронная и радиопромышленность	Отходы в виде отработанной смеси ферромагнетика с жидкостью до 100%
Тепловое расширение		Крепление металлических деталей в парах	Теплопотери трением до 70% от затрат
	Индикация положения	Контрольно-измерительные датчики	Теплопотери до 30% от затрат
Эффект Джонсона-Рабека	Изменение трения		
Колебания		Вибросистемы в кинематических парах	Теплопотери до 30% от затрат
Электрогидравлический эффект	Разрушение объекта	Технология взрыводобычи в карьерах	Потери сырья при взрыве до 15-35% от добываемого
Химический взрыв		Военная взрывотехника	Отходы от разрушения. Количество варьируется.
	Перенос в пространстве	Применениекумулятивных зарядов	Отходы от разрушения. Количество варьируется.
	Изменение объема объекта	Микровзрывотехнология при обработке металлов	Потери образовавшихся отходящих газов
Перевод в химически связанный вид			
Растворение в сжатых газах			
Эффект памяти формы	Изменение линейных размеров объекта	Технология контроля безопасности объектов	-
Пьезоэлектрический эффект		Технология измерения весовых характеристик	-

Продолжение таблицы 1

Фазовые переходы (плавление – затвердевание)	Изменение формы объекта	Художественное литье	Отходы в виде окалины, формовочных материалов до 50%
Применение сжатых газов		Производство метеозондов	Потери в виде высвободившегося газа 100%
Экзотермические реакции	Изменение массы	Получение пенометалла	Отходы в виде брака до 30% от производства
Ионизация под действием электрического поля	Изменение объемных свойств объекта	Электролиз	Потери металла в электролите до 10%
Введение ферромагнетика и действие магнитным полем		Робототехника, манипуляторы	-
Введение меток, веществ, преобразующих внешние поля	Контроль состояния и свойств в объеме	Производство и использование люминофоров	-
Озонирование	Обезвреживание объекта	Технология очистки питьевой воды	Окисленная микрофлора и непрореагировавший озон.
Сжигание водорода	Получение тепла	Водородный двигатель внутреннего сгорания	Отход в виде воды 100%
Деформация	Передача энергии	Кузнечно-штамповочное производства	Отходы в виде окалины до 5%, отходы маслопродуктов до 40%
Ударные волны		Вспомогательные технологии пластической деформации металлов	Потери энергии ударной волны до 60% от энергозатрат
Излучение, теплопроводность, конвекция		Жидкая металлургия	Теплопотери в пределах от 15% до 75%
Явление отражение света		Передача энергии посредством световодов	Энергетические потери до 3%
Электромагнитная индукция		Технология изменения напряжения в сети (трансформаторы)	Энергетические потери до 5%
Сверхпроводимость	Технологии передачи энергии на расстоянии	Энергетические потери в системах глубокого охлаждения	

Продолжение таблицы 1

Ультразвук	Инициирование и интенсификация химических превращений	Химические технологии	Потери непрореагировавшего вещества до 5%
Кавитация			Потери непрореагировавшего вещества до 5%
Электрические разряды		Антикоагуляционные процессы в технологиях	Потери непрореагировавшего вещества до 5-15%
Полупроницаемые мембраны	Сборка вещества из атомов, наночастиц	Системы очистки газов и жидкостей	Потери непродиффундированного вещества до 20%
Применение жидких мембран		Тонкие химические технологии	
Молекулярная самосборка		Нанотехнологии с применением наноассемблеров	-

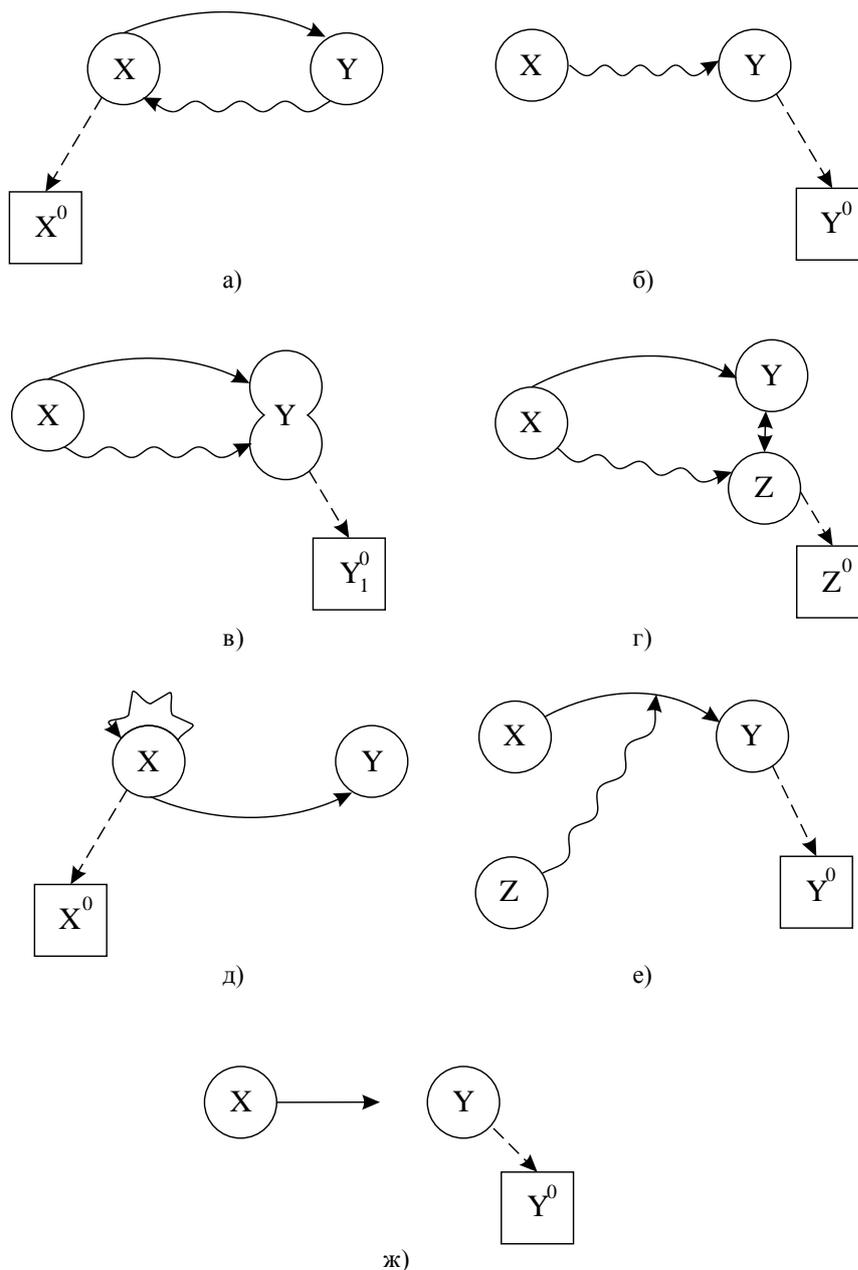
Подобный классификатор позволяет разработчику новых технологий более качественно определять набор возможных отходов, которые будут сопровождать данный технологический процесс и принимать опережающие решения.

Вторым ресурсом технической системы, если рассматривать ее с позиций развития, является модель «инструмент – изделие», характерная для любой ТС. Чтобы получить любую продукцию необходимо иметь некоторый инструментарий для обработки исходного сырьевого материала. Например, для получения изделий посредством механической обработки необходим инструмент, способный отделять от металлической заготовки стружку или ненужную часть заготовки (токарный резец, напильник, ножовка, сверло, фреза). Для пластической деформации металлического изделия необходим инструмент, изменяющий форму пластичной металлической заготовки. Инструментом может быть топор, игла, луч лазера, тепловое, электромагнитное или радиационное поле, сосуд для адиабатического сжатия газов, бензиновый двигатель и многое другое, что позволяет реализовать те или иные технологии. В качестве инструмента может выступать и многокомпонентное сырье, составляющие которого служат инструментарием для нужной обработки основной части этого сырья-изделия. Например, физико-химические реакции в сталеплавильной ванне позволяют использовать шлакообразующие компоненты для рафинирования жидкого металла и удаления отдельных элементов из металла в шлак (так называемый шлак-инструментарий).

Способ воздействия инструмента на изделие в модели регламентируется набором совокупных законов, закономерностей, явлений, эффектов – физических, химических, геометрических, биологических и др., которые лежат в основе любого технологического процесса (см. табл. 1). Безусловно, что такое воздействие может носить как положительный характер, т.е. способствовать целенаправленному изменению состояния исходного сырья, так и отрицательный характер, приводящий к таким изменениям в части сырья, которые делают из него отход.

Енергетичні системи та обладнання

В качестве изделия, которое подлежит обработке в модели, может быть предварительная заготовка, некий полуфабрикат, подходящий по составу или свойствам материал, вещество, в том числе минеральное сырье. В целом это то, из чего получается полезная продукция. И, как мы уже условились, существует зеркальный процесс – это тот процесс, в результате которого получается отход. Эта важнейшая составляющая любого технологического процесса получается также при помощи инструмента. Того же самого, при помощи которого осуществляется производство полезной продукции. Будь это резец или прокатный валок, энергетическое поле или химические присадки.



—————> полезное воздействие
 ~~~~~> вредное воздействие

Рисунок 1 – Типичные схемы взаимодействия «инструмент – изделие» с позиций их влияния на процессы отходообразования

Кроме того, любое воздействие инструмента на исходную (сырьевую) заготовку, как и надлежит, вызывает ответную реакцию самой заготовки на инструмент. В результате, резцы и сверла тупятся и ломаются, наждачная бумага теряет свои абразивные свойства, отработанный шлак удаляется из печи в отвалы, пуансоны изнашиваются и теряют свою форму, трансформаторы сгорают, энергетические поля рассеиваются. Важнейшей особенностью таких деструктивных процессов является то, что весь этот инструмент, так или иначе, становится отходом. Поэтому мы можем с уверенностью говорить, что *модели типа «инструмент – изделие» всегда участвуют в процессах отхообразования*. Степень этого участия мы попробуем выяснить. Для этого используем известную классификацию противоречий, возникающих в системе «Инструмент – изделие», данную в работе [5].

Рассмотрим наиболее типичные схемы таких взаимодействий (рис. 1) с точки зрения их участия в процессах отхообразования.

1. Воздействие инструмента (X) на сырье (Y) является полезным, однако ответная реакция сырья на инструмент постоянно или на отдельных этапах технологического процесса приводит к его разрушению, поломке, повышенному износу (рис. 1,а). В результате чего инструмент получает свойства отхода ( $X^0$ ). Примером может служить любая технология механической обработки деталей. В частности, общеизвестно, что чем меньше разница в твердости инструмента и изделия, тем быстрее разрушается сам инструмент за счет ответной реакции со стороны обрабатываемого изделия. Источник напряжения вращает ротор электрической машины, однако, пиковые броски тока приводят к перегреву обмоток двигателя, их постепенному разрушению, выходу из строя электрического двигателя, как инструмента.

2. Повторяется полезное воздействие инструмента (X) на сырье (Y), однако оно сопровождается одновременным или рассредоточенным во времени сопряженным отрицательным воздействием того же (X) на (Y) (см. рис. 1,б). В результате, как правило, испорченное изделие из этого сырья попадает в разряд отходов ( $Y^0$ ) производственной деятельности. Например, в результате применения изношенного пуансона прокатно-штамповочной машины или низкоскоростной фрезы при обработке твердого материала штампованные изделия или отфрезерованные детали могут пополнить состав бракованных изделий и иметь свойства отходов. Та же работа электродвигателя в ненормальном режиме, например, в стиральных машинах, приводит к ухудшению качества стирки, снижению эффективности отжима белья и его сушки.

3. Еще один вид сопряженного полезного и вредного воздействия инструмента на сырьевую заготовку (см. рис. 1,в). Когда инструмент (X) полезно влияет только на часть сырья (Y). Но при этом существует его вредное влияние на другую часть этого сырья ( $Y_1$ ). В этом случае часть сырья оказывается эффективной продукцией, а часть – в виде брака идет в отход ( $Y_1^0$ ). Например, при производстве насыщенного раствора соли всегда образуется остаток не растворившейся солевой смеси, которая уходит в осадок (отход). Это относится и к равновесным реакциям с заданным составом исходных компонентов. К этой же модели взаимодействия «инструмент – изделие» относится и ошибка оператора при выполнении своих функций, в результате которой часть изделия получила соответствующую обработку, а некоторая часть из-за ошибки человека осталась необработанной.

4. Запланированное полезное воздействие (X) на (Y) сопровождается одновременным вредным воздействием этого же инструмента (X) на другую составляющую (Z) производственной системы (см. рис. 1,г). При этом (Y) и (Z) являются взаимодействующими частями этой системы, но вторая ее часть теряется в виде отхода ( $Z^0$ ). В качестве примера можно рассмотреть печное пространство плавильных печей (Z), износ которого в результате воздействия той же тепловой энергии (в конвертере) или энергии электрической дуги (в электродуговой печи), которая расплавляет металл (Y), постоянно увеличивается. Имеет

место полезное воздействие теплового поля на расплавляемый металл и вредное воздействие этого же поля на футеровку печи. Или другой пример. Вспомогательное и защитное токопроводящее оборудование в электрических системах в случае короткого замыкания разрушается, воспринимая на себя вредное воздействие электрического поля, которое в целом выполняет полезную работу в электрической системе. Во всех случаях, составляющая (Z) приобретает свойства отхода в виде отработанной кирпичной кладки или сгоревших предохранителей (в примерах).

5. Полезное воздействие инструмента (X) на сырьевой материал (Y) сопрягается с вредным воздействием инструмента на самое себя. В электролитических процессах инструментом является материал расходного электрода, который под воздействием электрического тока передает свои ионы на второй электрод. В результате инструмент самоизнашивается. Другим естественным примером могут служить любые виды ножниц, как самозатачиваемая режущая система. При воздействии на разрезаемую заготовку лезвие инструмента непрерывно изнашивается, приводя его в конечном результате к полному расходу. Расходуемые электроды для нанесения сварочного шва также являются примером такой модели (см. рис. 1,д).

6. Несовместимость вынужденного воздействия двух инструментов (X) и (Z) на основное сырье (см. рис. 1,е.). Например, если один инструмент (X) используется для обработки сырья, а другой (Z) одновременно для измерения или контроля правильности обработки сырья.

7. Полезное, но недостаточное воздействие инструмента (X) на сырьевой материал (Y). При этом необработанное сырье, непрореагировавшая часть шихты, недостаточно прогретый металл пополняют количество отходов ( $Y^0$ ) или брака в конкретном производстве. Примером может служить любой случай несоблюдения параметров технологического процесса, недостаточно хорошо прогретая ванна для плавления металла, недостаток или избыток флюсов при сварочных работах, отклонение от расчетных параметров электромагнитного поля в силовой электроэнергетике, падение напряжения в электрических сетях при высокой нагрузке и др.

Безусловно, все эти модели должны иметь свои количественные параметры. Например, отражающие процент сырья или инструментария, который теряется в виде отходов данного производства.

## ВЫВОД

И закономерности, и «инструмент», и «изделие» в результате реализации реальных технологий принимают активное участие в процессах отходаобразования и сами становятся частью этого процесса, в том числе, сами становятся отходом еще в рамках производственной системы.

### *Список использованных источников:*

1. Поиск новых идей. От озарения к технике / Г. С. Альтшуллер, Б. Л. Злотин, А. В. Зусман, В. И. Филатов. – Кишинев : Картя Молдавоянска, 1989. – 381 с.
2. Альтшуллер. Г. С. Найти идею / Г. С. Альтшуллер. – Новосибирск : Наука, 1991. – 225 с.
3. Орлов, М. А. Первичные инструменты ТРИЗ : справочник практика / М. А. Орлов. – М. : СОЛОН ПРЕСС, 2010. – 128 с.

**Voloshin V. S.**

## **ABOUT SOME REGULARITIES OF THE DEVELOPMENT OF TECHNICAL SYSTEMS FROM THE POSITIONS OF WASTE FORMATION**

*The simplest effects associated with phase transitions of substances give rise to a whole gamut of useful products obtained by melting, sublimation, pyrolysis, crystallization, vaporization, etc. As a result, we get metal products, including precious ones, gasoline, coke, refrigeration units and much more. However, if you carefully look at the production technology of each of these things, we must agree that numerous other effects and phenomena are involved in its production - both physical and chemical, and sometimes effects from completely different areas of knowledge.*

*The way the tool affects the product in the model is governed by a set of aggregate laws, laws, phenomena, effects - physical, chemical, geometric, biological, etc., which underlie any technological process. Of course, such an impact can be positive in nature, i.e. to contribute to a deliberate change in the state of the feedstock, and a negative character, leading to such changes in the raw materials that make it waste.*

*In addition, any impact of the tool on the original (raw) workpiece, as appropriate, causes a response of the workpiece to the tool. As a result, cutters and drills become blunt and break, sandpaper loses its abrasive properties, waste slag is removed from the furnace to dumps, punches wear out and lose their shape, transformers burn out, energy fields dissipate. The most important feature of such destructive processes is that this entire tool, one way or another, becomes a waste. Therefore, we can confidently say that models of the «tool-product» type always participate in waste generation processes. We will try to find out the degree of this participation.*

*As a result of the implementation of real technologies, laws and the «tool» and the «product» take an active part in the processes of waste generation and themselves become part of this process, including themselves becoming waste as part of the production system.*

**Keywords:** waste, production, tool, processing.

**Волошин В. С.**

## **ПРО ДЕЯКІ ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ З ПОЗИЦІЙ ВІДХОДОУТВОРЕННЯ**

*Найпростіші ефекти, пов'язані з фазовими переходами речовин, викликають до існування цілу гаму корисної продукції, яку одержують шляхом плавлення, сублімації, піролізу, кристалізації, пароутворення і т.д. В результаті ми отримуємо вироби з металів, в тому числі, дорогоцінних, бензин, кокс, холодильні агрегати та багато іншого. Однак, якщо уважно подивитися на технологію виробництва кожної із зазначених речей, ми повинні погодитися, що до її виробництва причетні і численні інші ефекти і явища - і фізичні, і хімічні, а іноді і ефекти з абсолютно інших областей знань.*

*Спосіб впливу інструменту на виріб в моделі регламентується набором сукупних законів, закономірностей, явищ, ефектів - фізичних, хімічних, геометричних, біологічних та ін., Які лежать в основі будь-якого технологічного процесу. Безумовно, що такий вплив може носити як позитивний характер, тобто сприяти цілеспрямованому зміни стану вихідної сировини, так і негативний характер, що призводить до таких змін в частині сировини, які роблять з нього відхід.*

*Крім того, будь-який вплив інструмента на вихідну (сировинну) заготовку, як і належить, викликає відповідну реакцію самої заготовки на інструмент. В результаті, різці та свердла ламаються, наждачний папір втрачає свої абразивні властивості,*

## *Енергетичні системи та обладнання*

*відпрацьований шлак видаляється з печі в відвали, пуанسونи зношуються і втрачають свою форму, трансформатори руйнуються, енергетичні поля розсіюються. Найважливішою особливістю таких деструктивних процесів є те, що весь цей інструмент, так чи інакше, стає відходом. Тому ми можемо з упевненістю говорити, що моделі типу «інструмент - виріб» завжди беруть участь в процесах відходоутворення. Ступінь цієї участі ми спробуємо з'ясувати.*

*І закономірності, і «інструмент», і «виріб» в результаті реалізації реальних технологій беруть активну участь в процесах відходоутворення і самі стають частиною цього процесу, в тому числі, самі стають відходом ще в рамках виробничої системи.*

**Ключові слова:** *відходи, виробництво, інструмент, переробка.*

Рекомендована к публікації: д-р техн. наук, професор Маслов В.А.

Стаття поступила 26.09.2019 г