

МЕТРОЛОГІЯ

УДК 621.74:658.562:303.732.4

Цуркин В. Н., Иванов А. В., Честных Н. В.

АБСТРАКТНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ ФАКТОРОВ ПРИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ РАСПЛАВА, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ «ЦЕНА–КАЧЕСТВО»

В статье исследованы условия равновероятной воспроизводимости результата энергетической обработки расплава для сбалансирования элементов системы «цена–качество», обосновано использование системы факторов, определяющих качество отливок, в виде абстрактных интегральных понятий “обрабатываемость”, “эффективность”, “успешность”. Они определены соответственно как: функциональная способность объекта обработки позитивно реагировать на внешние структуроформирующие параметры обработки; мера полноты реализации целенаправленного действия, проявляющегося набором внутренних структурно-кинетических изменений и фазовых превращений; степень достигаемой цели обработки с учетом конкурентоспособности продукции.

Ключевые слова: *расплав, энергетическая обработка, качество отливок, конкурентоспособность, система факторов, абстрагирование.*

Постановка проблемы в общем виде. В технологиях литейного производства показатели качества литых изделий описывают данными об их структуре и свойствах, но для потребителя важно, чтобы они были сбалансированы стоимостью в системе “цена–качество”. Этот баланс напрямую зависит от организации производства на всех стадиях технологической цепочки передела в системе “шихта–расплав–отливка”. После глубокого анализа ситуации в литейном производстве в работе [1] убедительно обосновано и выделено порядка 10^3 факторов, которые в той или иной мере оказывают прямое либо косвенное влияние на конечные показатели качества отливок. Это, конечно же, затрудняет принятие научно обоснованных управленческих решений при проектировании или модернизации литейных технологических процессов. Очевидно поэтому используемые на практике локальные методы и средства управления качеством в литейном производстве отличаются не столько методологией выбора, сколько конечной результативностью [2, 3]. Таким образом, даже если ограничиться тем, что используется качественная шихта, многовариантные технологические приемы ее выплавки и последующей доводки расплава до кондиции при сочетании с различными приемами литья, логично ориентируют исследования на поиск интегральных признаков и понятий, объединяющих сопоставимые факторы, которые в конечном итоге влияют на показатели качества отливок. Но при минимизации затрат на их производство. То есть, как совокупность факторов в системе “шихта–расплав–отливка” может влиять на соотношение показателей в системе “цена–качество”.

В этом случае в общем виде можно сформировать следующую проблемную ситуацию: *управление качеством отливок в литейном производстве на принципах системного моделирования. В ее развитие определим цель данной работы.*

Основываясь на методологии системного анализа, обосновать структуру системы интегральных характеристик факторов, определяющих показатели качества отливок в системе “цена–качество–конкурентоспособность”.

Анализ последних исследований и публикаций. Сегодня системный подход используется фактически во всех областях знаний и при различных технических разработках. В работе [3] ранее проведен детальный анализ фундаментальных проблем, которые возникают при организации управления качеством литой продукции и которые еще требуют своего решения. При этом показано, что наиболее эффективным подходом для этого является системный, основанный на методологии системного анализа и отражающий концепцию достижения поставленной цели. Также в обзорной работе [3] дан критический анализ известных на то время работ, посвященных собственно подходу к принципам управления качеством отливок. Вместе с тем, отмечено, что эти публикации затрагивают локальные технологические задачи. Так, например, в работе [2] на уровне экспертной подсистемы рассмотрены общие признаки построения системы оперативного мониторинга и управления качеством литейного производства. Упор здесь сделан на состояние и принципы получения продуктов литья, выделены основные каналы передачи информации. Но в понятиях методологии системного анализа “эти задачи достигают подцели” [4, 5]. Их роль важна в накоплении знаний для описания и структурирования общей системы управления качеством, содержащей технические, организационные, экономические и правовые аспекты производственного процесса получения изделий методами литья в сбалансированной системе “цена–качество”. Здесь уместно сделать одно замечание. Важнейшим признаком системы является то, что для нее целое должно быть больше суммы не связанных ее элементов [4, 5]. При этом необходимо обеспечить адекватное описание условий и путей передачи информации в структуре системы между ее элементами. В идеальном случае система должна обладать признаками самоорганизации. Для литейного производства в системе “шихта–расплав–отливка” подтверждением этого эффекта системы материала является экспериментально установленный факт его наследственности. Косвенными же подтверждениями также являются положения работы [6], в которой проанализирована пятиуровневая система структуры металлического расплава с иерархией. Здесь показано, что структурно-чувствительные свойства металлического материала в жидком состоянии, измеряемые на макроуровне, формируются элементарными актами процессов на атомарном уровне. Таким образом, табличное значение свойства материала фактически точно вычисляется набором значений масштабов атомарного уровня с учетом размерности этого свойства. То есть самоорганизация перестройки структуры определяется только перестройкой базового – атомарного уровня.

Изложенное выше, а также логичные положения работы [7], в которой предложена некая экспертная система анализа качества, названная прагматическим моделированием, позволяет предложить укрупненную систему факторов, определяющих показатели качества литых изделий (рис. 1). Здесь понятие “фактор” не всегда можно определить некой физической величиной, которая численным значением характеризует ту или иную способность элемента системы. В этом случае, основываясь на опытных данных (на прагматизме), понятие “фактор” можно рассматривать как причину, определяющую функциональную способность элемента системы [4, 5]. Как известно, процессы литья относятся к категории кооперативных, многофакторных и многофункциональных, и, как отмечалось ранее, в работе [1] выделено порядка 10^3 факторов, влияющих на показатели качества отливок. Поэтому одним из вариантов полного анализа системы на рисунке 1 может быть учет, тех факторов, которые наиболее чувствительны к изменению входных параметров элементов системы, то есть проявляются как ключевые. Но, даже сужая задачу до учета ключевых факторов, успешно структурировать многофакторную систему на рисунке 1 весьма проблематично. Эта проблема возникает хотя бы потому, что технологические процессы изготовления литых изделий – это трудноорганизуемые системы (по В. В. Налимову “диффузионные” [8]).



Рисунок 1. Система факторов, определяющих показатели качества отливок

Метод абстрагирования применительно к системе факторов, определяющих показатели качества отливок

Термин “расплав” будем использовать в понимании В. А. Ефимова [9] в температурном интервале от жидкого состояния до полного превращения расплава в твердое состояние. При этом термин “кристаллизация” используется при образовании отдельных кристаллов и кристаллических зон, а термин “затвердевание” – в динамическом процессе увеличения количества твердой фазы. Таким образом, в системе на рисунке 1 факторы, определяющие кристаллизационную способность расплава, соответствуют инкубационному периоду кристаллизации, когда расплав приводится в состояние, при котором образуются центры кристаллизации до появления критических зародышей. А факторы, определяющие процессы “пакования” структуры металла при его охлаждении, характеризуют условия кристаллизации и затвердевания. Как известно, процессы литья, даже в случае использования сертифицированной шихты, без операций рафинирования и модифицирования не обеспечивают получение качественных конкурентноспособных отливок, как и без учета рационального способа литья. Используемые для этого на практике методы обработки расплава и находящиеся в состоянии поиска в лабораториях направлены именно на то, чтобы улучшить кристаллизационную способность расплава, позитивно влиять на процессы пакования его структуры. Эти способы можно классифицировать как реагентные и энергетические. В первом случае (наиболее изученном и широко используемом) к расплаву добавляют малые дозы химических элементов. Такая реагентная обработка (РО) нацелена на обеспечение конкретной функции, не обеспечивая универсальное многофункциональное воздействие, то есть РО действует избирательно.

Энергетическая обработка (ЭО) влияет на структуру и свойства расплава полями различной физической природы. Такой способ обработки расплава имеет более широкий спектр функциональных возможностей. Обработка расплава электрическим или магнитным или акустическим полями осуществляется в широком температурном интервале расплава, активируя процессы переноса, перестраивая градиенты температур, а также напрямую – атомарную структуру расплава. При этом расплав может дегазироваться и рафинироваться. Таким образом, ЭО функционально способна улучшать кристаллизационную способность расплава, оптимизировать процесс кристаллизации и затвердевания. Но при использовании методов ЭО возникают серьезные проблемы идентификации и формализации многофакторных взаимообусловленных процессов.

Рассмотрим для примера три метода ЭО расплава: электрогидроимпульсная обработка (ЭГИО), кондукционная электротоксовая обработка (КЭТО), магнитно-импульсная обработка (МИО), которые являются предметом исследований авторов данной статьи. Экспериментальные данные, полученные при ЭГИО, КЭТО и МИО, подтверждают более широкий спектр их функциональных возможностей, чем РО, для изготовления качественных конкурентоспособных отливок [см., например, 10–16].

В случае ЭО расплава, в том числе и для трех упомянутых методов, целесообразно ввести понятия соотношения внешних структуроформирующих параметров обработки (ВСФПО) и внутренних структурно-кинетических изменений и фазовых превращений в расплаве (ВСКИФП), которые вызваны действием ВСФПО [14].

С использованием любого способа ЭО в расплаве с помощью источника тока генерируется то или иное физическое поле (электромагнитное, акустическое или тепловое), которое является сферой влияния и определяет характеристики ВСФПО. Важно отметить, что такие поля всегда в макрообъеме объекта обработки распределены неравномерно [14, 16]. Кроме того, на неоднородностях на всех уровнях структуры будут формироваться скачки потенциалов полей из-за разницы акустических или электрических сопротивлений, а значит, и теплопроводности (температуропроводности) [14]. Кроме того, первичное поле, например электрическое, является источником магнитного, акустического, теплового и поля течений [16]. Все это еще более усложняет проблему адекватной формализации ВСФПО, какими являются параметры потенциала поля.

Для определения же технологических параметров обработки используют параметры источника тока, а также учитывают принцип введения поля в расплав. Так, тип электродной системы при КЭТО [16], геометрия и расположение индуктора при МИО [15], диаметр волновода, его геометрия и глубина погружения в расплав при ЭГИО [12] существенно влияют на характеристики генерируемых в этих случаях полей. Кроме того, термосиловое воздействие на расплав при ЭО не всегда однозначно проявляется на ВСКИФП. Это влияние зависит от характеристик самого объекта обработки, который потенциально в той или иной мере обладает способностью позитивно реагировать на ВСФПО и проявлять те или иные функциональные возможности для обеспечения эффективности обработки. Таким образом, в отличие от РО действие на расплав при ЭО не является избирательным, а характеризуется в силу своей физической природы и технологических особенностей введения энергетического поля в расплав набором функциональных возможностей. Это существенно затрудняет как идентифицирование характеристик ВСФПО, так и описание процессов ВСКИФП. А пока результат ЭО, характеризующий качество отливок, анализируется как после извлечения отливки из формы, так и/или после возможных технологических операций термообработки. Зачастую данные такого анализа не всегда являются равновероятными и воспроизводимыми [13, 14].

Одним из подходов к решению такой многофакторной проблемы может быть метод абстрагирования, определяемый как выделение неких интегральных понятий, учитывающих совокупность ключевых факторов. Их набор позволяет оценить результат, заложенный в цель абстрагирования [17]. Такие интегральные понятия обозначаются определенными именами, что придает им статус самостоятельных объектов для анализа. Например, такие хорошо известные, как “надежность” и “технологичность”.

Воспользовавшись методом абстрагирования, факторы структуры системы на рисунке 1 отобразим для этого понятиями абстракций, которые можно назвать как обрабатываемость, эффективность и успешность соответственно. Определим эти понятия следующим образом.

“Обрабатываемость” (“treatment ability”) – функциональная способность объекта обработки позитивно реагировать на ВСФПО.

“Эффективность” (“efficiency”) – мера полноты реализации целенаправленного

действия [18], проявляющаяся набором ВСКИФП.

“Успешность” (“successfulness”) – степень достигаемой цели обработки.

Представим следующие пояснения. Очевидно, понятие “обрабатываемость” впервые при ЭО металлических расплавов было введено при использовании ультразвуковой обработки (УЗО) [19]. Было показано, что результат УЗО зависит от типа кристаллической решетки металла. Кроме того, металлы, имеющие более высокое значение твердости в твердом состоянии, в жидком требуют для измельчения структуры использования более высоких значений пороговой мощности воздействия. По аналогии в работе [13] предложено оценивать степень обрабатываемости при ЭГИО расплава по показателям измельчения структуры (post factum) при определенных энергозатратах. При этом сплавы, имеющие более высокие значения акустической жесткости, позитивно реагируют на ЭГИО при более высоких энергозатратах, т.е. при больших амплитудах импульса давления, генерируемого в расплаве. Т.о. понятие “обрабатываемость” в рамках рассматриваемой абстракции интегрально может характеризовать чувствительность материала к ВСФПО, которые, как указывалось ранее, описываются параметрами поля, генерируемого в расплаве в заданном температурном интервале. Для РО понятие “обрабатываемости” расплава связывается с принципами физического и структурного соответствия матрицы (расплава) и реагента.

В свою очередь, функциональная возможность материала расплава при данной обрабатываемости реализовывать необходимый набор ВСКИФП, обеспечивающих оптимальный сценарий пакования структуры для достижения заданных свойств, интегрально может проявляться через понятие “эффективность”, которая всегда, в отличие от понятия “эффект”, должна быть позитивной [18]. Для этого нужно найти баланс подцелей ЭО, обеспечивающий достаточную “эффективность”. В принципе, понятие “эффективность” сродни понятию коэффициента полезного действия, так как она показывает “степень полезности влияния ВСФПО на результат ВСКИФП”.

При порционной разливке расплава вся партия отливок, с точки зрения их качества, должна иметь минимально возможный разброс показателей функциональных свойств. В работе [20] предложен статистический подход к оценке показателя успешности использования способов обработки расплава при анализе структуры и свойств отливок по всей партии. В работах [1, 2, 7, 8] предложены иные подходы к анализу показателей качества отливок, но без уточнения их совокупности как “успешность обработки”. Здесь нужно сделать некоторое уточнение. Очевидно, следует различать “успешность” ЭО без привязки к инструментарию воздействия и “успешность” метода, в основе которого лежит некий физический принцип ЭО, но учитываются энергозатраты источника тока – инструмента для обработки. Именно второй вариант дает более точное соотношение показателей в системе “цена–качество”. В этом плане в работе [21] представлены принципы системного подхода к решению этой задачи, учитывающего совокупность шести признаков: от физического принципа ЭО до технологического оборудования и технологических способов обработки. В той или иной мере при этом обобщенно можно прямо или косвенно учесть возможные затраты при использовании ЭО расплава, а в конечном итоге – оценить “успешность” обработки с учетом возможных затрат на создание материальных и нематериальных активов в технологическом модуле. Поэтому в конечном итоге понятие “успешность” должно соотноситься с понятиями системы “цена–качество”. В свою очередь, в условиях рынка конечным критерием оценки “качества” является конкурентоспособность выпускаемой продукции. Поэтому целью любого производства, в том числе и литейного, должна быть не только продукция высокого качества, но и ее конкурентоспособность. Таким образом, абстрактный образ “успешность” можно в иных терминах расширить с помощью совокупных понятий “цена–качество–конкурентоспособность”.

Система факторов на рисунке 1 может быть представлена в предложенных абстрактных образах (рис. 2).

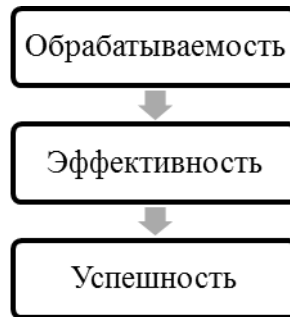


Рисунок 2. Абстрактный образ системы факторов, определяющих показатели качества отливок

Как показано выше, основной целью управления качеством продукции является ее конкурентоспособность. Системный подход к решению этой проблемы наиболее эффективен с использованием метода абстрагирования в рамках обобщенной триады абстрактных образов, представленных на рисунке 2. Такой подход к управлению качеством (читай “конкурентоспособностью”) позволяет каждому производителю определять намерения, а не некие материальные объекты (шихта, расплав, отливка). Тогда триада абстрактных образов дает возможность свободного поиска векторов достижения цели (конкурентоспособного качества) нетривиальными проектными, техническими и технологическими решениями. Учитывая ориентир на конкурентоспособность, они должны дополняться экономическими, экологическими и правовыми условиями.

Выводы.

1. Энергетическая обработка расплава в технологиях литейного производства характеризуется многофакторными взаимообусловленными процессами.

2. Проблема управления качеством литейной продукции наиболее эффективно может решаться методами системного анализа, прикладные аспекты которого для литейного производства только начинают развиваться.

3. Учитывая особенности отдельных литейных производств, им сложно выработать универсальные стандартные алгоритмы системного подхода к управлению качеством, которое с учетом требований рынка должно тестироваться конкурентоспособностью продукции. Здесь при выборе системы управления качеством рекомендуется пользоваться методом абстракций, который показывает намерения некими интегральными понятиями. Это позволяет производителям продукции выстраивать свои векторы достижения цели с учетом своих возможностей.

4. Абстрактное понятие “успешность” в обобщенном виде складывается триадой “цена–качество–конкурентоспособность”, что достигается нетривиальными проектными, техническими и технологическими решениями, которые должны дополняться экономическими, экологическими и правовыми условиями.

5. Развитие научных представлений предлагаемого варианта системы абстракций может быть ориентировано по двум направлениям:

- углубленное изучение процессов, реализуемых в расплаве при энергетической обработке;

- систематизация экспериментальных данных о влиянии параметров нагружения на характеристики образов абстракций в их интегральных понятиях, дефиниция которых обозначается целью обработки – конкурентоспособное качество.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пономаренко О. И. Оптимизация технологических решений для цехов литейного производства / О. И. Пономаренко. – Харьков : НТУ “ХПИ”, 2007. – 320 с.
2. Шинский О. И. Методы и средства оперативного мониторинга и управления качеством литейного производства / О. И. Шинский, Б. М. Шевчук, И. О. Шинский, В. Н. Кравченко // Металл и литье Украины. – 2009. – № 4-5. – С. 311.
3. Цуркин В. Н. Концепции управления качеством литого металла / В. Н. Цуркин // Металл и литье Украины. – 2008. – № 9. – С.20–23.
4. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такаха; Пер. с англ. Э. Л. Наппельбаума. – М. : Мир, 1978. – 311 с.
5. Згуровский М. З. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. – К. : Наукова думка, 2005. – 743 с.
6. Цуркин В. Н. Влияние системы структуры металлического расплава на его физические свойства / В. Н. Цуркин // Вісник Українського матеріалознавчого товариства. – 2011. – № 4. – С. 11–20.
7. Воронин Ю. Ф. Методы диагностики управления качеством отливок / Ю. Ф. Воронин, В. А. Камаев // Литейное производство. – 2005. – № 6. – С. 25–28.
8. Корнюшкин О. А. Методы диагностики и управления качеством отливок / О. А. Корнюшкин // Литейное производство. – 2001. – № 6. – С. 24–26.
9. Ефимов В. А. Разливка и кристаллизация стали / В. А. Ефимов. – М. : “Металлургия”, 1976. – 252 с.
10. Базин Ю. А. Влияние электрогидроимпульсной обработки на структуру ближнего порядка расплава многокомпонентного сплава на основе алюминия / Ю. А. Базин, Б. И. Бутаков, А. П. Тишкин // Расплавы. – 1993. – № 3. – С. 89–91.
11. Грабовий В. М. Наукові і технологічні основи електрогідроімпульсної дії на структуру і властивості виливків із сплавів на основі заліза і алюмінію: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.10.04 Ливарне виробництво/ В. М. Грабовий. – Фізико-технічний інститут металів і сплавів НАН України. – К., 2007. – 42 с.
12. Сінчук А. В. Підвищення якості литого металу методом електрогідроімпульсної обробки розплаву: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.03.07 Процеси фізико-технічної обробки / А. В. Сінчук. – НТУУ “Київський політехнічний інститут”. – К., 2007. – 20 с.
13. Ivanov A. V. Electric Current Treatment of Liquid and Crystallizing Alloys in Casting Technologies / A. V. Ivanov, A. V. Sinchuk, V. N. Tsurkin // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2011. – Vol. 47. – No. 5. – pp. 456–464.
14. Tsurkin V. N. Comparative Analysis of Functional Possibilities of Methods of Pulse Treatment of a Melt / V.N. Tsurkin, A.V. Ivanov, S. S. Cherepovskii, N. A. Vasyanovich // Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2016. – Vol. 52. – No. 2. – P. 181–185.
15. Иванов А. В. Особенности преобразования энергии в системе индуктор–расплав при магнитно-импульсной обработке расплавов / А. В. Иванов, С. С. Череповский // Вісник національного технічного університету ХПІ. – 2015. – № 48(1167). – С. 13–17.
16. Иванов А. В. Високовольтні електророзрядні установки для електроімпульсної обробки алюмінієвих розплавів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.09.03 «Електротехнічні комплекси та системи» / А. В. Іванов. – К., 2015. – 20 с.
17. Комаров М. С. Основы научных исследований / М. С. Комаров. – Львов: Вища школа, 1982. – 128 с.
18. Толковый словарь по химии и химической технологии. Основные термины. Под общей редакцией Лебедева Ю. А. – М. : Русский язык, 1987. – 528 с.
19. Абрамов О. В. Воздействие мощного ультразвука на межфазную поверхность металлов / О. В. Абрамов, В. И. Добаткин, В. Ф. Казанцев, А. В. Кулемин, С. З. Некрасова, А. П. Панов, С. И. Пугачев, Н. Г. Семенова, Е. Ш. Статников, Г.И. Эскин. – М. : Наука, 1986. – 277 с.
20. Цуркин В. Н. Показатели успешности использования способов внепечной обработки / В. Н. Цуркин, А. В. Синчук // Металлургия машиностроения. – 2004. – № 3. – С. 10–14.
21. Цуркин В. Н. Принципы системного подхода к выбору методов внепечной обработки расплава / В. Н. Цуркин // Металл и литье Украины. – 2009. – № 7–8. – С. 12–16.

В. М. Цуркін, А. В. Іванов, М. В. Честних

АБСТРАКТНЕ УЯВЛЕННЯ СИСТЕМИ ЧИННИКІВ ПІД ЧАС ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ РОЗПЛАВУ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ БАЛАНС ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ «ЦІНА–ЯКІСТЬ»

У разі визначення умов рівноймовірної відтворюваності результату енергетичного оброблення розплаву для збалансування елементів системи "ціна–якість" обґрунтовано використання системи чинників, що визначають якість виливків, у вигляді абстрактних інтегральних понять "оброблюваність", "ефективність", "успішність". Вони визначені відповідно як: функційна здатність об'єкта оброблення позитивно реагувати на зовнішні структуроформувальні параметри оброблення; міра повноти реалізації цілеспрямованої дії, яка проявляється набором внутрішніх структурно-кінетичних змін і фазових перетворень; ступінь досягнення мети оброблення з урахуванням конкурентоспроможності продукції.

Ключові слова: розплав, енергетичне оброблення, якість виливків, конкурентоспроможність, система чинників, абстрагування.

V. M. Tsurkin, A. V. Ivanov, M. V. Chestnyh

THE ABSTRACT REPRESENTATION OF THE SYSTEM OF FACTORS IN ENERGY TREATMENT OF MELT DETERMINING THE BALANCE OF ELEMENTS IN THE "PRICE-QUALITY" SYSTEM

In determining the conditions for the equally possible reproducibility of the result of melt energy treatment for balancing the elements of the "price-quality" system, it is justified to use the system of factors determining the quality of castings in the form of abstract integral concepts "treatment ability", "efficiency", "successfulness". They are defined respectively as: functional the ability of the treatment object to respond positively to the external structure-forming treatment parameters; a measure of the completeness of the implementation of purposeful action, manifested by a set of internal structural-kinetic changes and phase transformations; the degree of the achieved goal of treatment, taking into account the competitiveness of products.

Keywords: Melt. Energy treatment. Quality of castings. Competitiveness. System of factors. Abstraction

Рецензент: Петриченко С. В., канд. техн. наук, вед. науч. сотр. ИИПТ НАН Украины, г. Николаев

УДК 03.120; 35.160; 35.080

Бессмертный Р. С., Катин П. Ю.

ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ДЖЕМУ

У статті подано результати дослідно-конструкторської роботи з розроблення програмної інфраструктури автоматизованої системи виготовлення харчових продуктів випарюванням вихідної сировини з елементами візуального контролювання. Під час робіт