

Отредакции

Одним из новых направлений, развивающихся в МГТУ им Г.И. Носова в рамках научной школы «Разработка и развитие теории квадиметрии и управления качеством продукции и производственных процессов», является создание научных подходов по адаптивному управлению качеством, направленных на формирование теоретических положений и построение различных моделей, реализующих методы оперативного технологического воздействия на показатели качества металлопродукции в процессе ее изготовления.

Исследования проводят в тесной кооптации с ведущими специалистами и учеными ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» – техническим директором Г.В. Щуровым, начальником ЦПК, д-ром техн. наук С.В. Денисовым, руководителем проекта «Группа по технической поддержке клиентов», д-ром техн. наук Г.А. Куницыным, начальником НТЦ, канд. техн. наук Б.А. Сарычевым и др. Благодаря развитию данного научного направления удалось в кратчайшие сроки и с максимальной эффективностью освоить на комбинате уникальные технологии производства инновационных и «эксклюзивных» видов металлопродукции, обладающей глубокой степенью переработки, как, например, холоднокатаной ленты для изготовления монет, холодногнутых профилей для мостостроения из сталей повышенной прочности и др. Кроме того, освоены новые для отечественного прокатного производства процессы, реализуемые в условиях комплекса холодной прокатки (ЛПЦ №11) ОАО «ММК», такие как лазерная сварка при укрупнении рулона в головных частях агрегатов и совмещение процессов травления и холодной прокатки в единую технологическую линию.

УДК 669.771

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ*

Голубчик Э.М.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия

Аннотация. Дальнейшее развитие современного высокотехнологичного производства неразрывно связано с установлением баланса интересов потребителей и возможности производителей. В наибольшей степени это актуально при разработке и продвижении на рынки сбыта инновационных видов продукции, обладающей высокой добавленной стоимостью, особенно при её изготовлении в условиях крупных промышленных предприятий, например металлургической отрасли. При этом возникает необходимость оперативного реагирования на поступающие со стороны потребителя запросы, не всегда согласующиеся с технологическими возможностями производителя, либо выходящие за рамки требований известных стандартов на соответствующую продукцию, т.е. требуется определенная двухсторонняя адаптация системы «производитель–потребитель». С другой стороны, для удержания рыночных позиций в условиях жесткой конкуренции предприятия-производитель обязано учитывать не только существующие потребности рынка в традиционной продукции, но и прогнозировать вектор своего развития для изготовления перспективной металлопродукции. В статье рассмотрены теоретические аспекты адаптивного управления качеством металлопродукции. Предложена концепция адаптивного управления показателями качества на основе принципов их оперативной «технологической адаптации» в условиях многовариантных технологических систем.

Ключевые слова: многовариантная технологическая система, адаптация, показатели качества, металлопродукция

Введение

Современные рыночные отношения представляют собой сложный комплекс взаимодействий производителей и потребителей. Своевременная реакция производителя на постоянно изменяющиеся условия рынка – залог его успешного и устойчивого развития. Одним из ключевых факторов, определяющих конкурентоспособность предприятия, является возможность производителя поддерживать баланс собственных и потребительских интересов. Этого можно достичь за счет использования конкурентных преимуществ – значительного накопленного опыта производства, внедрения новых инновационных технологических и/или технических решений, а также путем поддержания высокого качества эксклюзивной про-

дукции. В связи с этим возникает необходимость разработки эффективной стратегии построения технологических процессов на крупном предприятии с использованием новейших концепций организации производства. Одной из таких концепций может служить применение принципов «технологической адаптации».

В условиях массового производства с большим объемом размерно-марочного сортамента продукции, единым технологическим циклом и непрерывной загрузкой основного технологического оборудования возникает необходимость оперативного прогнозирования конечных результатов деятельности всей технологической системы, причем уже на ранних стадиях жизненного цикла продукции. Поставленная задача особенно актуальна для многостадийных технологических систем. Очевидно, что подобные системы для обеспечения требуемого уровня качества сложных, либо новых видов продукции, конкурентоспособности и повышения результативности их производства должны иметь возможность оперативной адаптации к

* Работа проведена в рамках программы стратегического развития университета на 2012-2016 гг. (конкурсная поддержка Минобрзования РФ программ стратегического развития ГОУ ВПО).

требованиям потребителей и изменениям рынка. При этом должны быть минимизированы затраты, связанные как с «повседневным» функционированием технологического процесса, так и с освоением инновационной, либо «эксклюзивной» продукции.

В настоящее время все большее развитие получает ситуация, когда показатели качества выпускаемой высокорентабельной металлопродукции например металлопродукции обладающей глубокой степенью переработки (МГСП), нормируются не только и не столько нормативными документами-стандартами, но также и дополнительными требованиями потребителей. При этом, зачастую, такие требования либо не всегда сочетаются с положениями стандартов, либо являются труднодостижимыми в процессе производства и переработки конечного изделия (холоднокатаной ленты, гнутого профиля, металлопроката с покрытиями и т.д.). Это диктует необходимость проведения оперативного анализа возможностей производства, поиска новых путей конструирования эффективных технологических схем изготовления такой продукции и, соответственно, разработки и активного внедрения новых концепций и подходов с применением адаптационных моделей технологического воздействия. В связи с этим возникает актуальная проблема разработки методологии адаптивного управления показателями качества металлопродукции в сложных многовариантных многостадийных технологических системах (ММТС).

В ФГБОУ ВПО «МГТУ им Г.И. Носова» в рамках развивающегося направления в области качества разрабатываются новые научные подходы по адаптивному управлению качеством, направленные на формирование теоретических положений и построение различных моделей, реализующих методы оперативного технологического воздействия на показатели качества металлопродукции в процессе ее изготовления [1-6].

Теория, материалы и методы исследования, технические и технологические разработки

Разработка методологии адаптивного управления показателями качества металлопродукции применительно к сложным ММТС предусматривает проведение теоретических исследований по нескольким направлениям. Одним из них является анализ существующего тезауруса в области технологического управления качеством продукции, что, в свою очередь, подразумевает разработку соответствующего понятийного аппарата.

Практически все современные технологии изготовления сложной металлопродукции (в частности, МГСП) подразумевают технологическую многостадийность и/или многовариантность производственного процесса изготовления конкретного вида продукции. Следует отметить, что в научно-технической литературе в настоящее время отсутствует однозначно определенный понятийный аппарат в данном направлении. Зачастую подобного рода процессы для упрощения сводятся к понятиям «сложная» технологическая система, многоуровневая иерархическая система и т.д. Непосредственно термин «многостадий-

ность» применительно к технологическим процессам рассматривается как набор одностадийных операций, имеющих жестко фиксированные связи. При этом сам процесс производства может быть организован по принципу последовательности операций, их параллельности или иных комбинаций. Другой трактовкой рассматриваемого понятия «многостадийность» является представление двух или более технологий в виде единого образования, представляющего собой их интегративную комбинацию, существенно упрощающую общую структуру технологической системы, что исключает возможность оперативного управления показателями качества на отдельно взятой стадии обработки. С точки зрения системного подхода, достаточно интересным можно считать описание многостадийной системы в виде совокупности комплексов применяемых ресурсов и связей между ними. При этом целью функционирования такой системы является параллельно-последовательное пошаговое преобразование определенных входных ресурсов в соответствующие наборы выходных ресурсов [7, 8].

Аналогичная ситуация характерна и для термина «многовариантная система», который достаточно активно используется в теории принятия решений, в экономической литературе, а также при описании и построении систем автоматического регулирования [9, 10]. В работе [11] любой технологический процесс на предприятии рассматривается с позиции многовариантности. Непосредственно под понятием «вариант технологии» предусматривается многозвенный набор операций. При этом предполагается, что два многозвенных технологических процесса могут относиться к разным вариантам, если они различаются хотя бы одним звеном. Причем под многовариантностью технологических процессов понимается одновременное существование нескольких технологических процессов, способных обеспечить решение поставленной задачи. При таком подходе исключается варьирование технологической обработки в рамках отдельно взятой операции («звена»), что существенно снижает возможности управления показателями качества в выбранном варианте технологической системы.

Представленные примеры существующих подходов к понятию многостадийной, либо многовариантной технологической системы не позволяют эффективно организовать в оперативном режиме управление процедурой формирования заданного уровня качества при изготовлении конкретного вида металлопродукции и определять стратегию конструирования таких процессов, особенно при разработке инновационной технологии.

В рамках разработанной концепции «технологической адаптации» показателей качества предлагается трактовка термина «многостадийной технологической системы» как системы, реализующей изменение начального состояния множества показателей качества в конечное состояние путем многократного технологического воздействия на данной, отдельно взятой стадии жизненного цикла продукции. При этом одностадийная технологическая система подразумевает однократность технологического воздействия на

изменение показателей качества в данной стадии обработки. В этом случае понятия «операция» и «стадия» становятся тождественными. Таким образом, в рассматриваемом случае критерием классификации технологических систем на одно-многостадийные выступает кратность технологического воздействия, приводящая к любому изменению состояния системы показателей качества данного вида продукции в процессе его изготовления. При этом каждое изменение значения показателя качества при отдельно взятом технологическом воздействии будет рассматриваться как отдельная стадия процесса.

Под термином «многовариантная технологическая система» предполагается техническая (технологическая) система, в которой реализуется возможность обеспечения конечного уровня показателей качества за счет применения множества вариантов технологического воздействия на каждый из них (либо группу показателей качества в целом) на каждой стадии жизненного цикла продукции. Таким образом, под вариантом понимается совокупное технологическое воздействие, предусматривающее постадийное изменение показателя качества (и/или системы показателей качества) продукции, приводящее к достижению нормируемого его конечного значения.

Понятие «технологическая адаптация» показателей качества (ПК) применительно к рассматриваемым системам (ММТС) подразумевает процесс целенаправленного изменения технологической системы в соответствии с определенными критериями приспособления ее структуры и функций к условиям внешней среды, обеспечивающими достижение целей системы – соответствующий уровень ПК, ожидания потребителей, гармонизацию нормативной базы и пр. (рис. 1).



Рис. 1. К понятию «технологическая адаптация» ПК

Достаточно часто при взаимодействии «заказчик-производитель» возникает ситуация, когда технико-технологические возможности последнего не в полной мере могут быть реализованы в пожелания потребителя. Это может быть связано и тем, что пожелания

потребителя не всегда четко осознаны и /или четко сформулированы, при этом зачастую потребителем высказывается лишь желательный характер в части уровня свойств (качеств) продукции или диапазона свойств. Кроме того, в последнее время наблюдается тенденция, когда отсутствует корреляция между требованиями (пожеланиями) потребителей к ПК и нормами стандартов на эти показатели.

Традиционная процедура работы крупных и средних предприятий metallurgical industry with consumers at the stage of acceptance (consideration) of the order (application) for release of any product is carried out in operational evaluation of technical and technological opportunities of the enterprise to guarantee the implementation of all requirements in the part of PK.

При этом достаточно часто при отсутствии возможности выполнения (или даже сомнении о возможности исполнения) требований по отдельному ПК, поступивший запрос отклоняется без анализа ресурсов к перспективности его принятия в дальнейшем. Идеальным вариантом взаимодействия «производитель-потребитель» является ситуация, когда на предприятии может быть принят к исполнению практически любой поступивший заказ или запрос потребителя или, как минимум, большинство из них.

Для реализации такой концепции работы с потребителем на основе описанного выше понятийного аппарата в части многостадийности, многовариантности технологических систем, а также с учетом базовых принципиальных постулатов теории систем в ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» была разработана 2-уровневая двухконтурная система адаптивного управления качеством (САУК) metalloproduktion в условиях ММТС, позволяющая максимально учитывать и использовать возможные ресурсы производителя (рис. 2) [12].

Следует подчеркнуть, что применение этой модели адаптивного управления целесообразно и необходимо в случаях, когда либо отсутствует технико-технологическая возможность производства в полном объеме, либо невозможно явным образом обеспечить 100% выполнение требований потребителя по достижению запрашиваемого необходимого уровня качества (см. рис. 1), т.е. когда необходима «технологическая адаптация» ПК.

Результаты исследования и их обсуждение

Разработанная САУК metalloproduktion включает в себя два уровня.

Первый уровень управления, который называется *подготовительным*, предполагает формирование и накопление технологической базы данных обо всех возможных (вероятных или освоенных) в условиях предприятия технологических маршрутах ($\sum_{j=1}^k TM_j$) для каждого вида продукции P_m с фиксированием достигаемого уровня показателей каче-

ства ($\sum_{i=1}^n TK_i$), либо их диапазона изменчивости в зависимости от: варианта технологической схемы производства (T_j); влияния человеческого фактора ($ЧФ$), например, уровня квалификации персонала; экономических составляющих технологического процесса ($Э$), например объем заказа, нормы расхода материалов, необходимость дополнительных расходов на инструмент, оснастку и т.д.; организационных схем производства ($ОП$) и прочих аспектов, входящих в данную ММТС.

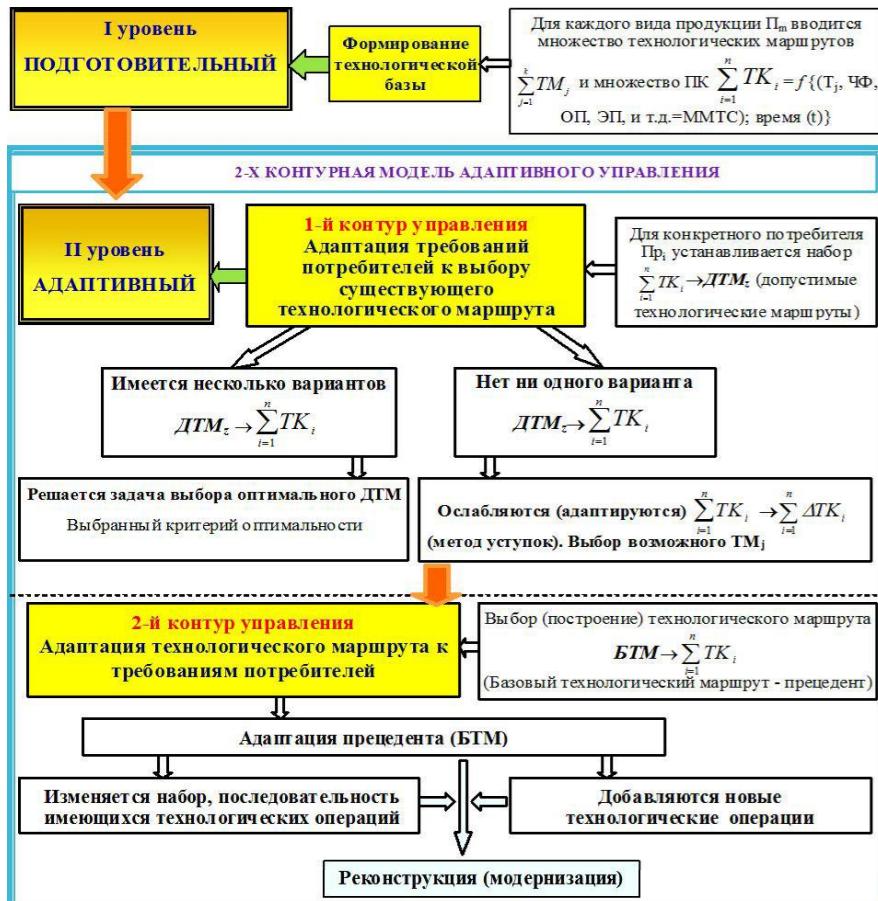


Рис. 2. Разработанная двухуровневая 2-контурная система адаптивного управления качеством (САУК) металлопродукции в ММТС

Наличие данного уровня в системе обязательно, так как от его наполнения зависит, во-первых, оперативность принятия решения о возможности выполнения заказа; во-вторых, выявляются потенциальные ограничения, накладываемые технологической системой, например на диапазоны варьирования свойств (ПК); в-третьих, существенно упрощается работа лица, принимающего решение (ЛПР) по организации технологического процесса. Так как в общем случае необходимо предполагать, что ЛПР может не обладать соответствующей компетенцией по всем аспектам планируемого производства для выполнения конкретного поступившего заказа в части обеспечения нормируемых ПК.

В случае, когда ни один из имеющихся в технологической базе вариантов не позволяет обеспечить производство металлопродукции с требуемым уровнем ПК по каким-либо причинам, то осуществляется переход на второй уровень САУК, называемым *адаптивным*, на котором реализуется 2-контурная модель адаптивного управления ПК в ММТС.

При этом первым контуром управления является «Адаптация требований потребителей к выбору существующего технологического маршрута». Для конкретного потребителя (группы потребителей) Pr_i определяется и устанавливается комплекс нормируемых потребителем показателей

качества ($\sum_{i=1}^n TK_i$, n – количество ПК) и оценивается набор вероятных допустимых технологических маршрутов (DTM_z), которые в наибольшей степени могут реализовать достижение требуемого или близкого к нему уровня качества. При этом каждый DTM_z , предусматривающий совокупность определенных стадий обработки на имеющемся в условиях предприятия технологическом оборудовании, представляет собой отдельный вариант ММТС.

В случае если имеется несколько вариантов, реализующих условие: $DTM_z \rightarrow \sum_{i=1}^n TK_i$, то выбирается (определяется) критерий оптимальности и решается задача выбора оптимального DTM_z известными методами оптимизации. При условии отсутствия возможности определить (сопоставить) хотя бы один вариант DTM_z в исследуемой САУК, на первом контуре включается механизм адаптации, предусматривающий коррекцию показателей качества

($\sum_{i=1}^n TK_i$). При этом реализация адаптивного управления качеством на этой стадии предусматривает ослабление части требований со стороны потребителя по ПК путем, например, изменения границ варьирования отдельных (или всех) показателей качества, перевод нормируемых значений показателей в статус их факультативности и т.д. Другими словами, производитель приспосабливает потребителя к имеющейся технологии и «просит» последнего смягчить требования по границам ПК. После чего в оперативном порядке формируется скорректированный и согласованный с потребителем комплекс ПК нового уровня

$(\sum_{i=1}^n \Delta TK_i)$. Таким образом, методом уступок со стороны потребителя производится адаптация ПК к наиболее близкому DTM_z или имеющемуся в технологической базе TM_j для реализации условия: DTM_z

$$(TM_j) \rightarrow \sum_{i=1}^n \Delta TK_i.$$

В случае невозможности «смягчения» или нежелания потребителя идти на уступки производителю, осуществляется переход на второй контур адаптивного управления рассматриваемой САУК, который представляет из себя «Адаптацию технологического маршрута к требованиям потребителя». Из имеющейся технологической базы выбирается технологический маршрут TM_j или определяется DTM_z , который в наиболее близкой степени может обеспечить нормируемый потребителем уровень качества. Данный TM_j (DTM_z) получает статус базового (или «прецедента») БТМ. Таким образом, на втором контуре управления САУК принятый в качестве precedента базовый технологический маршрут (БТМ) адаптируется под конечные требования потребителя. При этом осуществляется настройка каждой стадии технологического воздействия на обеспечение максимально возможного уровня качества по всем показателям, либо одного из наиболее значимых для потребителя (остальные показатели «подстраиваются»). Причем допускается изменение «традиционного» набора технологических воздействий (операций), а также их последовательности, принятой в «базовом варианте». Кроме того, возможно появление новых несуществующих в precedente воздействий (операций). Это относится и к соответствующим элементам оборудования, реализующих технологическое воздействие, вплоть до реконструкции и модернизации отдельных стадий и даже производств.

В случае абсолютной невозможности производства металлопродукции с запрашиваемым набором качеств (с учетом использования всех адаптационных механизмов, охватываемых САУК) потребителю даются рекомендации (разъяснения) по уровню максимально возможных достигаемых параметров в условиях данного производства. Здесь следует подчеркнуть, что данный элемент работы с потребителем обязателен, как один из значимых в адаптивном управлении качеством на предприятии. Его зачастую неправомерно игнорируют, несмотря на то, что бывают ситуации, когда, например, в условиях крупного металлургического предприятия освоена или возможна к освоению передовая технология изготовления нового инновационного вида металлопродукции с уникальным комплексом свойств высокого уровня. При этом потребитель, пришедший на данное предприятие с заказом на аналогичную продукцию, но с повышенным, по отношению к возможному, уровнем свойств, не всегда осознает целесообразность, необходимость

и оправданность наличия в конечном металлоизделии желаемого диапазона параметров. В этом случае становится приемлемым применение принципов адаптации потребителя как носителя внешней среды к возможностям производителя.

Особенностью такого подхода является попытка предприятия, даже при первоначально кажущемся явном отсутствии возможности изготовления инновационной металлопродукции, проанализировать свои ресурсы и максимально использовать технологические резервы, которые, как показывает практика, не всегда используются эффективно.

Выводы. Разработанный подход адаптивного управления показателями качества в условиях многовариантных процессов позволил разработать применительно к ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» ряд высоко эффективных технологий производства инновационной конкурентоспособной металлопродукции: холоднокатаной ленты толщиной 1,16-1,84 мм для монетных заготовок для чеканки разменных монет РФ, новых видов гнутых профилей для мостостроения, гарантированно обеспечивающих нормируемый уровень показателей качества.

Список литературы

- Голубчик Э.М. Применение адаптационных принципов при построении технологических процессов изготовления металлопродукции // XIV International scientific conference «New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering». A collective monograph edited by prof. dr hab. inz. Henrek Dyla, dr hab. inz. Anna Kawalek, prof. PCz. Chapter 1. Series: Monografie Nr 24.Polish. Czestochowa, 2013. С. 81-87.
- Повышение результативности производства холоднокатаной упаковочной ленты из стали марки 30Г2 путем применения адаптационных механизмов / Голубчик Э.М., Яковлева Е.Б., Телегин В.Е., Смирнов П.Н., Яшин В.В. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. №1. С. 62-66.
- Исследование способов повышения результативности функционирования многостадийных технологических систем / Телегин В.Е., Голубчик Э.М., Курбан В.В., Васильев И.С., Горшков С.Н. // Сталь. 2012. №7. С. 51-54.
- Применение адаптационных механизмов для повышения качества продукции с глубокой степенью переработки / Голубчик Э.М., Корчунов А.Г., Пивоварова К.Г. Лысенин А.В. // Вестник Воронежского гос. техн. ун-та. 2011. №5. С. 131-134.
- Прототипология – новый этап развития стандартизации метизного производства / Рубин Г.С., Полякова М.А., Чукин М.Г., Гун Г.С. // Сталь. 2013. №10. С. 84-86.
- Gun G.S., Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun I.G., Mezin I.U., Korchunov A.G. Metallurgy qualimetry theory design and development // Vestnik of Novosibirsk State Technical University. 2013. №5. P. 67-70.
- Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973. 344 с.
- Балдин К.В., Воробьев С.Н., Уткин В.Б. Управленческие решения: учебник. 2-е изд. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2006. 496 с.
- Емельянова С.В., Иванова Т.В., Киселева Т.В. Исследование организационных механизмов автоматизированных систем управления // Теория активных систем: труды междунар. науч.-практ. конференции / общ. ред. В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. М.: ИПУ РАН, 2001. Т.2. С. 81-83.
- Орлов А.И. Теория принятия решений: учеб. пособие. М.: Изд-во «Экзамен», 2005. 656 с.
- Бычков И.В. Многовариантность технологических процессов и корректная постановка задач формообразования // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. 2010. №48. С. 45-50.
- Голубчик Э.М. Адаптивные подходы к управлению качеством продукции в многовариантных технологических системах // Методы менеджмента качества. 2013. №7. С. 36-41.

ADAPTIVE CONTROL OF METAL PRODUCTS QUALITY

Golubchik Eduard Mikhailovich – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. E-mail: golub66@mail.ru.

Abstract. Further development of modern high-technology production goes hand in hand with the establishment of a balance between the interests of consumers and producers. Most of this is relevant when developing and promoting innovative products with high added value to markets, especially if production is under conditions of large industrial plants, for example, the steel industry. This causes the need for a rapid response to requests by the user, but requests are not always consistent with the technological possibilities, or are beyond the known standard requirements for products, which require a certain amount of mutual adaptation of «producer-customer». On the other hand, to keep the market position in the highly competitive manufacturer must take into account not only the market needs in traditional products, but also to anticipate their development vector to produce advanced metal products. The article considers the theoretical aspects of the Adaptive control of metal products quality. The concept of adaptive management of quality indicators on the basis of the principles of operational «technological adaptation» in terms of multivarious technological systems is suggested.

Keywords: multivarious technological systems, adaptation, quality indicators, metal products.

References

1. Golubchik E.M. Primenenie adaptacionnyh principov pri postroenii tehnologicheskikh processsov izgotovleniya metalloprodukci [Application of adaptation of principles in building of technological processes of manufacture metal products]. XIV International scientific conference «New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering». A collective monograph edited by Prof. dr HAB. inz. Henrek Dyla, dr HAB. inz. Anna Kawalek, Prof. PCz. Chapter 1. Series: Monografie Nr 24. Polish. Czestochowa, 2013, pp. 81-87.
2. Golubchik E.M. Yakovleva E.B., Telegin V.E., Smirnov P.N., Yashin V.V. Povyshenie rezul'tativnosti proizvodstva holodnokatanoj upakovochnoj lenty iz stali marki 30G2 putem primeneniya adaptacionnyh mehanizmov [Enhancing the impact of the production of cold rolled steel packing tape brand 30G2 by applying adaptive mechanisms]. Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2010, no. 1, pp. 62-66.
3. Telegin V.E., Golubchik E.M., Vasiliev I.S., Gorshkov S.N. Issledovanie sposobov povysheniâ rezul'tativnosti funkcionirovaniâ mnogostadijnih tehnologicheskikh system [Can improve the performance of Study of multi-stage technological systems]. Stal' [Steel], 2012, no. 7, pp. 51-54.
4. Golubchik E.M., Korchunov A.G., Pivovarova K.G. Lysenin A.V. Primenenie adaptacionnyh mehanizmov dlya povysheniya kachestva produkci s glubokoj stepen'yu pererabotki [Application of adaptive mechanisms to increase product quality with a deep level of processing] Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2011, no. 5, pp. 131-134.
5. Rubin, G.S., Polyakova M.A., Chukin M.G., Gun G.S. Protipologiya – novyj etap razvitiya standartizaci metiznogo proizvodstva. [Protipologiya – a new stage of development of the standardization for the hardware production]. Stal' [Steel], 2013, no. 10, pp. 84-86.
6. Gun G.S., Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun I.G., Mezin I.U., Korchunov A.G. Metallurgy qualimetry theory design and development. Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2013, no. 5, pp. 67-70.
7. Mesarovich M., Mako D., Takahara I. Teoriya ierarhicheskikh mnogourovnevih system. [Theory of hierarchical multi-level systems]. Moscow: Mir, 1973, 344 p.
8. Baldin K.V., Vorobev S.N., Utkin V.B. Upravlencheskie resheniya [Management decisions: a tutorial]. 2-nd Edition. Moscow: publishing trading Corporation «Dashkov and co», 2006, 496 p.
9. Emelyanova S.V., Ivanova T.V., Kiselyova T.V. Issledovanie organizacionnyh mehanizmov avtomatizirovannyh sistem upravleniya [Study of institutional mechanisms of automatic control systems]. Teoriya aktivnyh sistem: Trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii v dvuh tomah [Active System Theory / Proceedings of international scientific-practical Conference in two volumes]. (19-21 November 2001, Moscow, Russia). General revision: V. Burkov, Dmitry Novikov. Moscow: ISP RAS, 2001, vol. 2, pp. 81-83.
10. Orlov A.I. Teoriya prinyatiya reshenij. Uchebnoe posobie [Of decision theory. Tutorial]. Moscow: publishing trading «Exam», 2005. 656 p.
11. Bachkov I.V. Mnogovariantnost' tehnologicheskikh processsov i korrektnaâ postanovka zadach formoobrazovaniya [The diversity of technological processes and correct problem shaping]. Otkryte informacionnye i kom'puteremye integrirovannye tehnologii [Open information and computer integrated technologies]. 2010, no. 48, pp. 45-50.
12. Golubchik E.M. Adaptivnye podhody k upravleniu kachestvom produkci v mnogovariantnyh tehnologicheskikh sistemah [Adaptive approaches to quality management of products in multiple technology systems]. Metody menedzmenta kachestva [Quality management Methods]. 2013, no. 7, pp. 36-41.