



*Algorithm of control planning applied for achievement of values of required characteristics of production and parameters of technological processes, projected at separate stages of perspective planning, is described.*

Е. А. ПЕРЕТЯГИНА, Л. А. ФЕКЛИСТОВА, РУП «БМЗ»

УДК 669.21

## АЛГОРИТМ ОПИСАНИЯ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКЦИЕЙ ИЛИ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАНОВ УПРАВЛЕНИЯ НА РУП «БМЗ»

Белорусский металлургический завод является передельным металлургическим предприятием, исходным сырьем для которого служит металлолом машиностроительных и других предприятий стран СНГ. Основная продукция завода – непрерывнолитая заготовка, сортовой прокат, катанка, металлокорд, проволока для рукавов высокого давления и трубы бесшовные стальные.

Металлокордное производство РУП «БМЗ» – крупнейшее в стране по своим техническим решениям и средствам автоматизации. Продукция этого производства, металлокорд, используется в автомобильной промышленности для армирования автомобильных шин и других транспортных средств [1]. Одним из дополнительных требований технической спецификации ISO/TS16949 для автомобильной промышленности является применение планов управления (ПУ) [2]. Это один из современных инструментов контроля и управления качеством процесса и продукта.

Цель работы – описание алгоритма составления плана управления, применяемого для достижения значений требуемых характеристик продукции и параметров технологических процессов, спроектированных на отдельных этапах перспективного планирования.

На РУП «БМЗ» такой метод внедрен с 2003 г. и используется по настоящее время. За это время он претерпел ряд изменений и все еще является предметом совершенствования. План управления – это составная часть общего процесса планирования качества и управления процессами производства продукции для обеспечения минимальной изменчивости процессов и представляет собой описание системы управления технологическими про-

цессами изготовления продукции. При разработке ПУ используются карты потока, карты процесса, FMEA-документ, описывающий анализ видов и последствий потенциальных отказов [3].

План управления может охватывать три отдельные стадии изготовления продукции при [2]:

- разработке опытного образца (ISO/TS16949 не требует обязательного применения ПУ на этом этапе);
- подготовке опытной партии (описание линейных и угловых измерений, испытаний материалов и эксплуатационных характеристик, которые имеют место после образца и до серийного производства);
- серийном производстве (описание линейных и угловых измерений, испытаний материалов и эксплуатационных характеристик, которые имеют место во время серийного производства).

Отличием ПУ на опытную партию от серийного производства является применение в первом случае большего числа точек мониторинга и периодичности контроля.

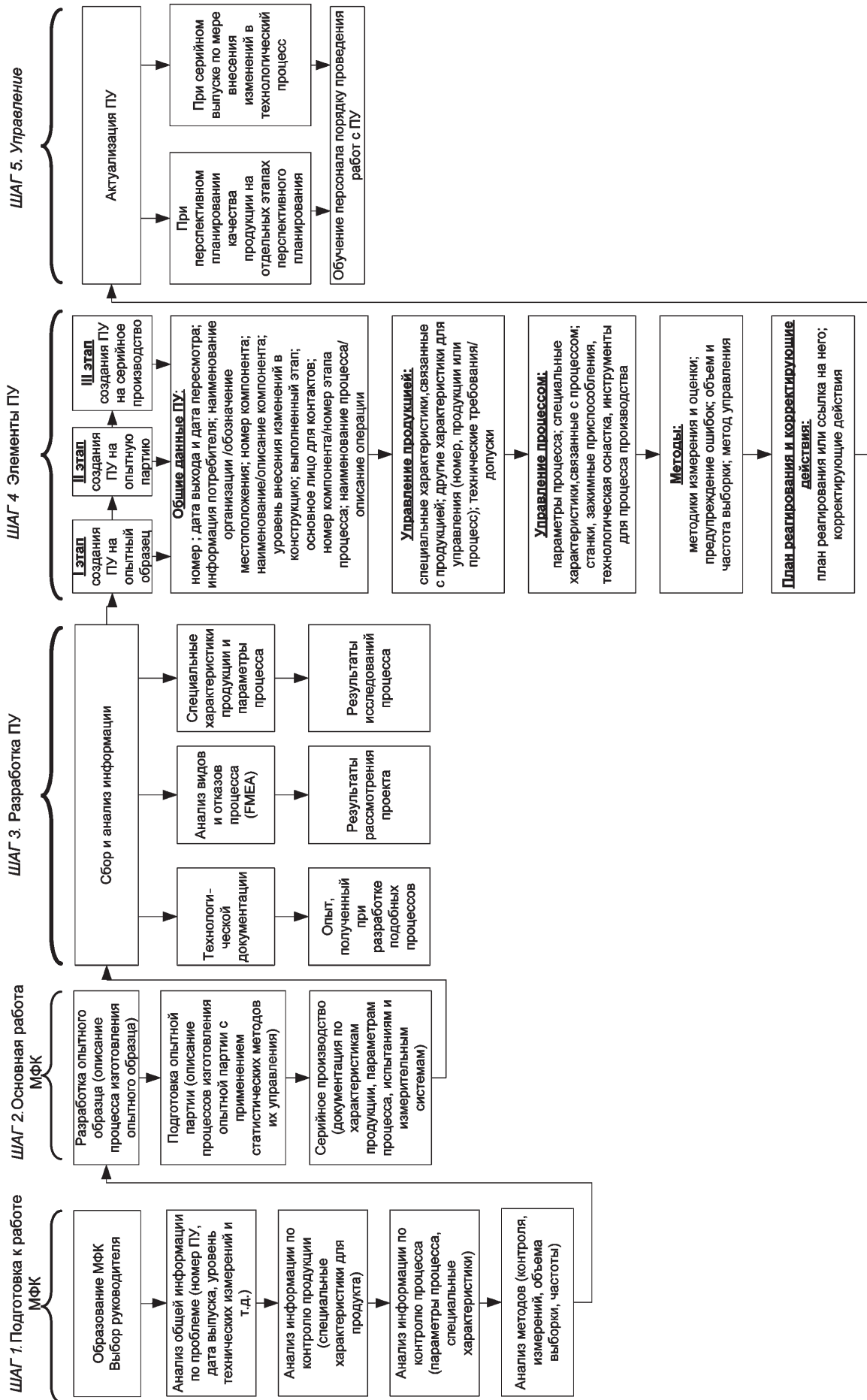
### Этапы осуществления методологии ПУ

Алгоритм разработки плана управления и этапы изготовления продукции приведены на рисунке.

*Шаг 1.* Подготовка к работе многофункциональной команды (МФК).

Осуществление ПУ – методологии обычно производится в рамках работы в составе МФК, создаваемой в цехе распорядительным документом.

В задачу МФК входит определение ряда составляющих элементов: общей информации; контроля продукции; контроля процесса; методов; плана реагирования и корректирующих действий на изменения в процессе.



Алгоритм осуществления плана управления

*Общая информация* о продукте или процессе необходима для определения объема работ и привлечения необходимых ресурсов для реализации поставленной задачи. К такой информации может относиться наличие необходимой документации, оборудования, оснастки, квалифицированных специалистов, испытательного оборудования и средств измерения, территориальное размещение объектов внимания и другая полезная информация по рассматриваемому вопросу.

*Контроль продукции* – существенным образом влияет на качество продукции. Здесь важно провести анализ документации на изготовление продукции, так как требования ТНПА, спецификации не всегда могут быть выполнены, например в связи с отсутствием методик испытаний или оборудования для проведения испытаний. Также может потребоваться применение определенного метода контроля с применением математической статистики, что требует определенных знаний и средств сбора информации.

*Контроль процесса* – контроль, осуществляемый в процессе производства продукции на отдельных этапах процесса с целью получения информации о характере настроенности процесса и его управляемости. Управлением процесса обычно занимаются технологические службы предприятия, включая руководителей производства, службы контроля качества. Непосредственно осуществлением процесса и регистрацией фактической информации занимаются, как правило, цех, участок совместно с отделом контроля качества, а также испытательные и исследовательские лаборатории.

Для оценки качества технологического процесса требуется сравнение допуска на параметр с полем его рассеяния в конкретной технологической системе. Несмотря на то что именно суммарная погрешность процесса изготовления является наиболее представительным значением поля рассеяния технологической системы, на практике таким сравнением пользуются редко, так как расчет суммарной погрешности процесса очень трудоемкий. Поэтому проще определить поле рассеяния какой-либо характеристики при ее изготовлении в конкретном технологическом процессе путем обработки результатов экспериментальных исследований или на конкретной стадии (операции). Наиболее эффективным способом исследования распределения значений параметров процесса и характеристик продукции является применение статистических методов контроля качества. Можно управлять процессом с помощью статистических данных при условии его нормального распределения, так называемого гауссова распределения. При любом

другом распределении практически невозможно определить точки управляемости процесса, поскольку их результаты будут не логичны. При имеющихся особых причинах трудно предугадать результат, т. е. процесс нужно вывести из стадии неуправляемости и только тогда можно его контролировать с помощью статистических методов. Вот почему так важно, как было сказано выше, определить интервал времени для оценки процесса, объем выборки, параметры процесса и характеристики продукции. Кроме того, нельзя не учитывать и коррелятивные связи между характеристиками [4].

Важным критерием для построения ПУ является подбор ключевых или специальных характеристик продукции и параметров процесса, влияющих впоследствии на качество и безопасность продукции при последующей переработке на стадии процесса или у потребителя. Такие характеристики устанавливает потребитель в требованиях спецификаций на продукцию и выделяет их определенными значками. В случае когда это не происходит, специальные характеристики и параметры устанавливаются МФК изготовителя. Для всех этих показателей проводится анализ MSA – анализ измерительных систем, чтобы определить изменчивость измерительной системы [5].

В основном для контроля в ПУ применяются статистические методы (диаграмма Исикавы, Парето, индексы воспроизводимости процессов  $P_p, P_{pk}; C_p, C_{pk}; C_m, C_{mk}$  и др.).

*Методы, план реагирования и корректирующие действия на изменения в процессе* – методы ведения записей необходимо определить с учетом важности и полноты сбора информации. Так как неправильно собранная информация может привести к потере данных, необходимых для последующего анализа и принятия решения. Кроме того, сбор ненужной информации может лишь навредить, при этом время на обработку такой информации будет затрачено впустую и не будет иметь никакого результата. Совершенно очевидно, что метод сбора информации влияет на скорость и качество принятых решений. План реагирования разрабатывается с целью быстрого управления процессом или продуктом при выходе за границы регулирования. Четкость и слаженность действий могут сократить потери от возникших проблем.

*Шаг 2. Основная работа МФК.*

На данном этапе МФК решает, какую стадию изготовления продукции ПУ охватывает: разработку опытного образца; подготовку опытной партии или серийное производство.

*Шаг 3. Разработка ПУ* включает сбор и анализ следующей информации:

- технологической документации;
- анализы видов и отказов процессов (FMEA);
- специальных характеристик продукции и параметров процессов;
- опыт, полученный при разработке подобных процессов;
- результаты рассмотрения проекта;
- результаты исследований процессов и заполнение формы плана управления.

В ПУ отражаются текущие методы управления, используемые измерительные системы на каждом из этапов перспективного планирования качества продукции, начиная с разработки опытного образца и кончая совершенствованием продукции при серийном производстве.

При составлении ПУ члены МФК учитывают и тот факт, что вносимые характеристики и параметры должны быть измеримы, что позволит наиболее эффективно управлять процессом с применением статистических методов [6]. В условиях РУП «БМЗ» это стало возможным по причине широкой автоматизации процесса производства и сбора данных, так же как и их обработка, не составляют большого труда при имеющихся программно-технических комплексах.

ПУ можно разрабатывать по принципу унифицированных документов, это значит, что при производстве продукции на весь процесс составляется карта процесса [7], представляющая собой алгоритм распределения и подчинения стадий производства процесса, которая используется при составлении ПУ, как модель, обеспечивающая не только наличие всех стадий процесса, но и их взаимосвязь, что является существенным для оценки всего процесса и каждой стадии в отдельности. Такой подход дает возможность видеть причинно-следственные связи на протяжении всего процесса, что позволяет оперативно влиять на устранение причин изменчивости. Пример унифицированного плана управления приведен в таблице, где наглядно видно, какие основные элементы он включает. В табл. 1 приведен ПУ для изготовления металлокорда на последнем этапе непосредственного изготовления. На плане отслеживаются все необходимые элементы согласно алгоритму (см. рисунок).

#### Шаг 4. Элементы ПУ.

- Общие данные ПУ.
- Управление продукцией.
- Управление процессом.
- Методы.
- План реагирования и корректирующие действия.

ПУ устанавливает:

- последовательность операций, на которых формируются характеристики продукции;
- характеристики продукции с указанными допусками (включая специальные характеристики);
- характеристики процесса (параметры, оборудование, оснастка, инструмент);
- объем выборки для контроля и метод измерения конкретной характеристики;
- метод управления для достижения требуемых характеристик (сплошной контроль, применение контрольных карт);
- план реагирования в случае, если процесс или продукция отклоняются от установленных требований.

Все элементы подробно описаны и рассмотрены на рисунке.

#### Шаг 5. Управление ПУ.

• ПУ используется на протяжении всего времени производства данного вида продукции и дает возможность многофункциональной команде принять меры для снижения уровня брака и повышения качества продукции на всех стадиях ее изготовления.

• Актуализация ПУ осуществляется при перспективном планировании качества продукции на отдельных этапах перспективного планирования; при серийном выпуске продукции актуализация планов управления производится по мере внесения изменений в технологический процесс (при изменениях, влияющих на продукцию, процесс изготовления, измерения, логистику, источники поставок или FMEA; при получении рекламаций и брака).

• До начала процесса производства персонал, участвующий в нем, обучается порядку проведения работ с планами управления для выявления несоответствий на ранних стадиях производства. Производственные участки при этом обеспечиваются учтенными копиями планов управления.

Казалось бы, зачем нужен еще один документ в технологии, если существуют технологические инструкции, технологические, маршрутные, контрольные карты и прочие инструменты контроля качества процесса? Оказывается, этот документ и является связующим звеном между всеми документами, применяемыми для управления производственным процессом, включая и методики измерений. Иными словами, он описывает все основные факторы, влияющие на процесс, их можно представить в виде мнемонического приема, как 6М: Manpower (персонал), Machine (машина), Material (материал), Method (метод, технология), Measurement (измерение), Media (окружающая среда) [8]. Такой подход (метод стратификации) дает воз-

Т а б л и ц а 1. План управления (унифицированный)

Опытный образец	Опытная партия	Серийная партия	Ф. И. О. ответственного: Петров И. И. (тел. 22-22)		Основная команда: техническое управление, технологическое бюро, лаборатория, отдел управления качеством	Дата разработки: 01.12.05г.					
			Х	Иванов И. И.							
Номер участка: 1 (канатный участок)			Шифр документа: технологическая инструкция (ТИ 840-Ц1-05-2005)		Копия № 01						
Наименование готовой продукции: МЕТАЛЛОКОРД			Шифр документа: технологическая инструкция (ТИ 840-Ц1-05-2005)		Стр. 1 из 1						
Операция/Стадия процесса	Оборудование	Характеристика		Методы			План реагирования				
		Продукция	Процесс	Классификация спец. характеристик	Допуск (вопр./тех.)	Способ измерения		Выборка	Ответственный за выборку	Метод управления	Ответственный за управление
01. Намотка	Узел намотки канатных машин (тип оборудования)	—	Напряжение намотки	—	—	динамометр (тип)	один раз в две недели	Наладчик	журнал, акт настройки	слесарь, наладчик	Отрегулировать натяжение намотки в соответствии с НД
10. Изготовление – контроль качества металлокорда	Канатная машина (тип оборудования)	Остаточное кручение при снятии готового количества оборотов на 6м длины металлокорда	—	*	—	шкала на укладчике, визуальное	каждая катушка	оператор	—	наладчик	Установить позицию рычага регулировки шага укладки согласно НД
	Отклонение от прямойности – ности при снятии готового металлокорда, мм, не более	—	—	—	—	Линейка (тип)	каждая катушка	оператор	каждая катушка	мастер	При отклонении прямойности за контрольные пределы производится настройка канатной машины. Катушка маркируется и отправляется в godную продукцию. Разрешается подьем конца металлокорда не более чем на 5 мм, если остаточное кручение не превышает значений $0 \pm 0,5$ оборотов/6 м

\* Специальная характеристика продукции.

возможность в одном документе представить группы факторов и приемлемые способы их устранения, что и позволяет, в конечном итоге, уменьшать изменчивость процесса. При появлении особых причин изменчивости необходимо устранить причину (это можно сделать, прибегнув к составлению FMEA) и пересмотреть план управления с учетом новых условий процесса, так как они дестабилизируют процесс и выводят его за рамки управляемости [4]. Создавая ПУ, нужно помнить о том, что это живой документ, имеющий такой же статус, как и технологическая документация, и также подвержен изменениям. Однако следует осторожно подходить к любым изменениям в процессе, так как необдуманное изменение в технологии может еще больше ухудшить процесс. В условиях РУП «БМЗ» одним из способов решения такой задачи является разработка ПУ на всех стадиях отработки технологии: при изготовлении опытного образца; опытной партии и в условиях серийного производства, что позволяет уменьшить изменчивость процесса от влияния особых причин и снизить влияние обычных причин изменчивости (табл. 2).

Таблица 2. Уровень затрат на качество по цеху № 1

Год	Уровень потерь от себестоимости ТП, %	Уровень издержек по дефектам на 1000\$ ТП, %	Уровень брака, %
2002	0,06	–	0,24
2003	0,04	–	0,18
2004	0,012	–	0,14
2005	0,010	–	0,10
2006	0,0004	–	0,08
2007	–	0,10	0,14
2008	–	0,10	0,098
2009	–	0,09	0,08

Как видно из таблицы, применение современных методов контроля качества процесса и продукта, в том числе и ПУ, позволяют управлять ими и снижать издержки на качество продукции, что является важным фактором в общем снижении себестоимости продукции.

Таким образом, планы управления – это эффективный метод контроля и анализа производственного процесса. Их применение позволяет учесть максимально возможное число факторов, влияющих на качество продукции и отработать способы их устранения; привести процесс в статистически управляемое состояние, что в свою очередь приводит к уменьшению затрат на контроль и изготовление продукции. Применение ПУ – хороший способ для решения проблем качества и привлечения к их решению специалистов всех уровней. Чтобы весь процесс был целостным, необходимо управление на всех его стадиях. ПУ концентрирует внимание команды и исполнителей на характеристиках, являющихся специальными для потребителя, что снижает риск отказов у потребителя; объединяет в себе большое число простых методов управления качеством таких, как применение карт контроля, контрольных листков, применение индексов воспроизводимости процесса для статистического анализа, использование FMEA, методов построения диаграмм и гистограмм, использование диаграммы Парето и т. п.

Комплекс таких методов позволяет максимально решать проблемы качества продукции и удовлетворять требования потребителя, что имеет большое значение в выполнении дополнительных требований по применению стандарта ISO/TS16949 для производителей автомобилей и соответствующих запасных частей.

### Литература

- ГОСТ 14311-85. Металлокорд. М.: ИПК «Изд-во стандартов», 1985.
- Технические условия. ISO/TS16949. ANFIA. CCFA. FIEV. и др. 2-е изд. 2002-03-01, испр. версия 2003-12-15, 2002.
- Анализ видов и последствий отказов. FMEA. Ссылочное руководство. 4-е изд. / Пер. с англ. Н. Новгород: СМЦ «Приоритет», 2009.
- Семь инструментов качества в японской экономике М.: Изд-во стандартов, 1990.
- Анализ измерительных систем. MSA. Ссылочное руководство / Пер. с англ. Н. Новгород: СМЦ «Приоритет», 2003.
- Брюс У. П. и н. с. Статистическое управление процессами. SPC. Координатор Целевой группы, Корпорация Сэнди, Трой, Мичиган, декабрь 1991 г.
- Перетягина Е. А., Феклистова Л. А. Модель и алгоритм построения процесса «Внутренний аудит» // Литье металлургии 2009. № 3. С. 301–304.
- Пономарев С. В., Мищенко В. Я. др. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества: Учеб. пособ. М.: РИА «Стандарты и качество», 2004.