



УДК 519.21

В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров

## О прогнозировании качества целевого продукта в периодических технологиях

*(Представлено академиком НАН Украины Вад. И. Большаковым)*

*Показано, что при прогнозе качества целевого продукта в периодических технологиях достаточно применять статистические методы для оценки химического состава исходного продукта и анализа технологического режима на примере производства прокатных валков. Для получения достоверных результатов в производственных условиях предлагается использование эвристических процедур во время проведения пассивного и активного экспериментов.*

**Предпосылки исследования.** В процессе эволюционирования технического прогресса перманентно изменяются требования к качеству целевого продукта, что часто приводит к изменениям в технологии его производства. Часть изменений инициирована стремлением разработчика к преодолению трудностей, связанных с адекватной идентификацией показателей качества целевого продукта. Так, для периодических технологических процессов качество целевого продукта (например, качество металла), как правило, определяется методами натурных испытаний, осуществляемых только после завершения основного технологического цикла, который может совершаться в течение относительно длительного времени. В этой связи получение допустимо точной информации о качестве целевого продукта возможно только по окончанию основного технологического цикла, отчего адекватные управляющие воздействия могут быть произведены только по его окончанию. При этом есть вероятность того, что качество исходных материалов, расходуемых на изготовление следующего по номеру изделия, например в силу новых их поступлений, будут значительно отличаться от предыдущего их качества настолько, что постоянно необходимо заново определять адекватные этим изменениям управляющие воздействия.

Подобная ситуация инициирует постановку задачи прогнозирования показателей качества целевого продукта, получаемого при реализации периодического технологического процесса.

© В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров, 2014



Рис. 1. Принципиальная схема технологии производства чугунных валков

**Постановка задачи исследования.** Для периодического технологического процесса до начала реализации его основного цикла с учетом возможных изменений качества исходного материала требуется разработать метод прогнозирования допустимо точных значений показателей качества целевого продукта.

В этой связи рассмотрим метод прогнозирования качества целевого продукта, получаемого при реализации периодического технологического процесса производства прокатных валков [1], которые являются основным рабочим инструментом, применяемым для деформации металла (обжатие и вытяжка слитков). Принципиальная схема данной технологии приведена на рис. 1, откуда видно, что периодичность процесса производства прокатных валков, прежде всего, обусловлена временем подготовки формы валка, временем выплавки металла, временем заливки металла в формы, охлаждением валка. Все эти процессы происходят в течение относительно длительного времени (до 3–4 суток) в зависимости от массы изделия.

Как правило, только после окончания основного технологического цикла определяется качество полученного изделия и проверяется его соответствия установленным нормам. Определение показателей качества изготовленного изделия производится по одному из методов, показанных на схеме рис. 2. Большинство этих методов не обеспечивает решения поставленной задачи, так как эти методы, за исключением статистических методов и методов синтеза баз данных (БД), они реализуются только после выполнения основного технологического цикла.

**Предлагаемый метод решения.** Предполагается, что для выполнения поставленной задачи достаточно прогнозировать качество целевого продукта путем применения статистических методов, включающих анализ химического состава исходного материала и назначаемых параметров технологического режима.

Наряду со статистическими методами, методы создания и применения БД эффективно использовать на предпроектной стадии производства продукта, поскольку, по нашему мнению, уравнения, полученные статистическими методами, применяемые для прогнозирования, играют роль своеобразной БД. После применения статистических методов к решению поставленной задачи может подключаться один или несколько приведенных на рис. 2 методов, применение которых допускает включение коррекции в ранее полученный статистический прогноз.

Как это было показано в работах [2, 3], целесообразно статистический прогноз осуществлять по результатам анализа эвристических процедур и экспериментов, реализуемых

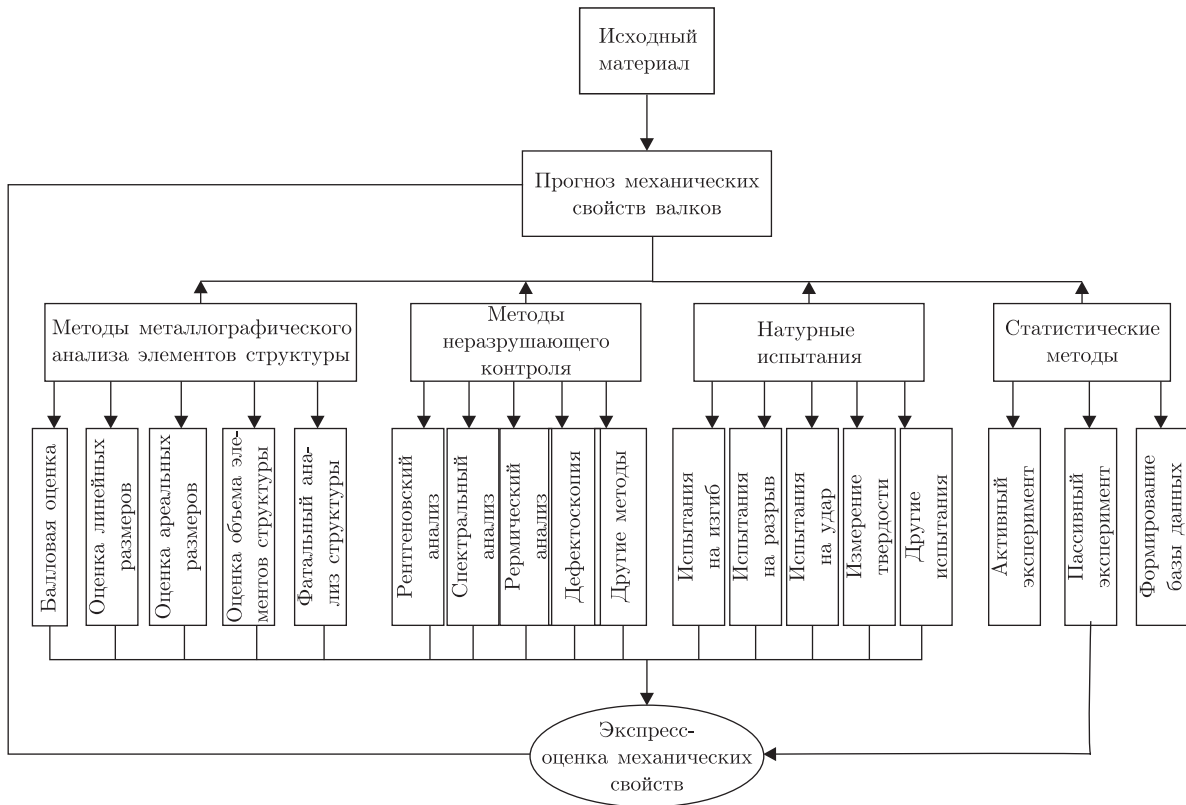


Рис. 2. Методы определения качества металлических валков

в два этапа. На первом этапе формируются уравнения, описывающие качество целевого продукта как функцию химического состава исходного материала и применяемого технологического режима [4], что делает возможной реализацию так называемого пассивного эксперимента [5] и создание БД, которая представляет рабочую область (РО) технологии. В результате реализации первого этапа статистические уравнения позволяют определять соответствие техническим нормам прогнозируемого изделия.

На втором этапе предлагается, на основании анализа уравнений, описывающих РО, составить план активного эксперимента, который позволяет определять ту часть РО, в которой показатели качества целевого продукта принимают субоптимальные значения. Сложность в проведении активного эксперимента на предприятии заключается в невозможности его практической реализации вследствие того, что нельзя провести часть экспериментов на реальном объекте. В работах [1, 2] показано, что в этом случае матрица планирования разбивается на три части.

Строки первой части матрицы планирования — те, в которых есть возможность реализовать эксперименты на реальном объекте. Вторая часть матрицы планирования — это та, в которой прямые эксперименты не допускаются. Поэтому к практической реализации этой части матрицы привлекаются эксперты — производственники, длительное время работающие на данном производстве, которые согласны осуществлять необходимые эвристические процедуры в указанных строках матрицы планирования. Эксперты присваивают вероятные численные значения показателям качества целевого продукта, которые продиктованы указанными строками матрицы планирования.

Третья часть матрицы планирования — в которой эксперты отказываются давать оценки показателям качества целевого продукта, например, по причине неосведомленности экспертов. В этом случае предлагается, для предсказания результатов, которые продиктованы соответствующими строками матрицы планирования, использовать существующие теоретические предпосылки и представления об исследуемой технологии, которые позволяют сделать необходимый прогноз, как это было показано в работе [6].

По необходимости, для реализации третьей части матрицы планирования рекомендуется применить эвристические процедуры, изложенные в работе [7].

Следует отметить, что приведенный в работе подход был применен для прогноза механических свойств (предела прочности на разрыв, изгиб, твердости и ударной вязкости) чугуновых валков марки СПХН на основании анализа их химического состава и структуры. Программная реализация полученных уравнений пассивного и активного экспериментов, внедренная в производство, позволила разработать основы экспресс-метода оценки механических свойств чугуновых валков, который представляет своеобразный метод создания экспертной системы [8–10].

1. *Большаков В. И., Волчук В. М., Дубров Ю. И.* Этапи ідентифікації багатопараметричних технологій та шляхи їх реалізації // Вісн. НАН України. – 2013. – № 8. – С. 66–72.
2. *Большаков В. И., Волчук В. Н., Дубров Ю. И.* Идентификация многопараметрических, многокритериальных технологий и пути их практической реализации // *Металловедение и термич. обработка металлов.* – 2013. – № 4. – С. 5–11.
3. *Большаков В. И., Волчук В. Н., Дубров Ю. И.* Пути прогноза механических свойств прокатных валков // Там же. – 2014. – № 1. – С. 19–42.
4. *Большаков В. И., Дубров Ю. И.* Решение многокритериальной задачи металлостроения с качественно неоднородными критериями // *Доп. НАН України.* – 2004. – № 11. – С. 95–102.
5. *Большаков В. И., Волчук В. Н., Дейнеко Л. Н., Дубров Ю. И.* Композиция метода планирования экспериментов и экспертной информации для формирования системы прогноза качества материалов // *Перспективные задачи инженерной науки: Сб. науч. тр. междунар. конф. – Вып. 2. / Под общ. ред. акад. МИА, д. т. н., проф. В. И. Большакова.* – Днепропетровск: GAUDEAMUS, 2001. – С. 203–208.
6. *Кривошеев А. Е.* Литые валки. – Москва: Металлургиздат, 1957. – 360 с.
7. *Ивахненко А. Г.* Свободу выбора вычислительной машине! // *Эргатические системы управления.* – Киев: Наук. думка, 1974. – С. 17–22.
8. *Большаков В. И., Дубров Ю. И., Ткаченко А. Н., Ткаченко В. А.* Пути решения задач идентификации качественных характеристик материалов на основе экспертных систем // *Доп. НАН України.* – 2006. – № 4. – С. 97–102.
9. *Дубров Ю. И., Фролов В. В., Вахнин А. Н.* Учет влияния неуправляемых факторов при анализе и синтезе критерия функционирования сложных систем // *Экономика и мат. методы.* – 1986. – № 1. – С. 165–170.
10. *Дубров Ю. И.* Один из возможных путей прогнозирования последствий вмешательства в эволюционные процессы // *Доп. НАН України.* – 2002. – № 3. – С. 190–197.

*ГВУЗ “Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры”,  
Днепропетровск*

*Поступило в редакцию 06.02.2014*

**В. І. Большаков, В. М. Волчук, Ю. І. Дубров**

**Про прогноз якості цільового продукту в періодичних технологіях**

*Показано, що при прогнозі якості цільового продукту в періодичних технологіях достатньо застосовувати статистичні методи для оцінки хімічного складу вихідного продукту та аналізу технологічного режиму на прикладі виробництва прокатних валків. Для отримання достовірних результатів у виробничих умовах запропоновано використовувати евристичні процедури під час проведення пасивного та активного експериментів.*

**V. I. Bol'shakov, V. N. Volchuk, Yu. I. Dubrov**

**Predicting the quality of a desired product in periodic technologies**

*It is shown that, for the prediction of the desired product quality in a batch technology, it is enough to apply statistical methods to evaluate the chemical composition of the starting material and to analyze the process conditions on the example of the production of rollers. To obtain reliable results under the production conditions, the use of the heuristic procedures during passive and active experimentations is proposed.*