



Рис. 10. Интенсивность отдачи тепла в зависимости от скорости w потока жидкости при объемном содержании $\varphi = 0,5$ воздуха

Список литературы

1. Шевяков А. А., Калинин В. М., Науменков Н. В. Теория автоматического управления ракетными двигателями / под ред. А. А. Шевякова. – М. : Машиностроение, 1978. – 288 с.
2. Макаров С. С. Математическое моделирование процесса возникновения естественной циркуляции в циркуляционном контуре : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2004. – 118 с.
3. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
4. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. – М. : Энергия, 1977. – 344 с.
5. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М. : Наука, 1972. – 720 с.
6. URL: [www.http://s-metall.com.ua](http://s-metall.com.ua) (дата обращения: 18.05.2010).

S. S. Makarov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Izhevsk State Technical University

S. N. Khramov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University

Mathematical Modeling of Air-Water Cooling of Metal Blanks During Heat Treatment

The paper presents a mathematical model of the two-phase air-water cooling process of metal blanks, heated for quenching. The results show changes in intensity of heat transfer from the blanks depending on the volume content of air in the cooling medium and speed of its feed.

Key words: mathematical model, cooling, air-water medium.

УДК 531.7.08

Д. В. Соломахо, аспирант, Белорусский национальный технический университет, Минск

Б. В. Цитович, кандидат технических наук, Белорусский национальный технический университет, Минск

С. С. Соколовский, кандидат технических наук, Белорусский национальный технический университет, Минск

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОПЕРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

Рассматриваются вопросы нормирования точности измерений при операционном контроле. Анализ технической нормативно-правовой базы показал, что в отношении операционного контроля качества имеет место определенный «нормативный вакуум». Использование методов нормирования точности измерений, характерных для приемочного контроля, не корректно для операционного, поскольку эти виды контроля имеют существенные различия. Приведены рекомендации по нормированию точности измерений для различных задач, решаемых в ходе операционного контроля.

Ключевые слова: операционный контроль, погрешность измерения, достоверность, точность.

Операционный контроль занимает наибольший удельный вес в техническом контроле на приборо- и машиностроительных предприятиях, поскольку данный вид контроля может рассматриваться как инструмент обеспечения качества продукции в течение всего производственного цикла. Вместе с тем в научно-технической литературе и нормативной документации данному виду контроля практически не уделено внимание. На сегодняшний день в производственной практике операционный контроль фактически отождествляется с приемочным. В связи с этим метрологические задачи, характерные для операционного контроля, ре-

шаются по аналогии с задачами приемочного контроля. Как показывает анализ, задачи операционного и приемочного контроля существенно различаются, поэтому их отождествление следует расценивать как некорректное. Рассмотрим подробнее аспекты нормирования точности измерений при приемочном и операционном контроле.

В соответствии с РМГ 29–99 измерение физической величины – это совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

Из этого следует, что под результатом измерения понимают количественную оценку интенсивности некоторого конкретного свойства, полученную экспериментально. Измерения физических величин осуществляют с использованием специальных технических средств, в которые заложена определенная мера, – единица физической величины как нормированный уровень свойства.

Контроль предполагает определение соответствия или несоответствия контролируемого объекта заданному уровню по одному или нескольким свойствам. Любой контроль принято рассматривать как контроль качества, поскольку фактически он должен ответить на единственный вопрос: соответствует ли контролируемое свойство объекта установленному для него уровню качества?

Контроль предусматривает две процедуры, которые иногда могут быть совмещены в одной операции:

- определение действительного (реального) значения свойства контролируемого объекта;
- установление соответствия или несоответствия реальному свойству контролируемого объекта заданным нормам.

Подавляющее большинство контрольных операций на производстве относится к приемочному либо операционному контролю. В соответствии с ГОСТ 16504 в ходе приемочного контроля принимается решение о пригодности (либо непригодности) продукции к поставкам и (или) использованию. Приемочный контроль по месту в производственном процессе является выходным. Операционный контроль определяется как контроль продукции или процесса во время выполнения или после завершения технологической операции.

Эти два вида контроля не следует рассматривать как альтернативные, однако у каждого из них есть свои отличительные особенности, которые могут по-

разному определять требования к точности измерений. Поскольку точность действительного значения измеряемой физической величины зависит от поставленной измерительной задачи, следует уточнить, какие задачи ставятся при измерениях в ходе приемочного и в ходе операционного контроля.

Измерение выбранного параметра (конкретной реализации физической величины) в ходе приемочного контроля должно обеспечить получение такого значения физической величины, которое пренебрежимо мало отличается от истинного с учетом нормативных ограничений, наложенных на контролируемый параметр объекта. Если контролируемый параметр имеет двухстороннее ограничение в виде поля допуска, то рекомендуемое значение погрешности измерений не должно превышать третьей части допуска параметра. Этот подход положен в основу ГОСТ 8.051, который устанавливает допустимые погрешности измерений линейных размеров до 500 мм при приемочном контроле продукции.

Измерение выбранного параметра в ходе операционного контроля может преследовать несколько целей (см. рисунок):

- контроль готового параметра после последнего технологического перехода (фактический аналог приемочного контроля соответствующего параметра объекта);
- контроль промежуточного параметра;
- исследование технологического процесса по результатам измерений параметров объектов, производимых данным технологическим процессом;
- контроль состояния технологического оборудования по результатам получения значений соответствующего параметра на управляемой выборке объектов.

Для каждой из выделенных целей поставленные измерительные задачи должны быть индивидуализированы и могут существенно отличаться.



Задачи, решаемые в ходе операционного контроля

Задачи измерений при приемочном контроле параметра в серийном производстве имеют наработанное типовое решение, основанное на допущении случайного распределения контролируемых параметров в генеральной совокупности объектов контроля и доминировании случайной составляющей

погрешности измерений. При таких условиях рекомендуется следующее соотношение допустимой погрешности измерений $[\Delta]$ и допуска T контролируемого параметра [1, 2]:

$$[\Delta] \leq 1/3T.$$

Задачи измерений при контроле промежуточного значения параметра, получаемого в ходе технологического процесса, в формальном плане похожи на задачи измерений при приемочном контроле параметра, поскольку в большинстве случаев получаемый параметр также имеет двухсторонние ограничения. Если задан допуск промежуточного значения параметра, задача сводится к тривиальной, поскольку на дальнейшую обработку следует пропускать только заготовки соответствующего уровня качества (годные). Однако поскольку обработка будет продолжена, заготовки с исправимым браком по контролируемому параметру можно пропускать без риска получить на выходе бракованное изделие. С другой стороны, обнаружение неисправимого брака в ходе такого контроля практически исключается, поскольку на заготовке оставляют припуск на последующую обработку. Исходя из этого можно сделать вывод, что эффективность контроля промежуточного параметра будет достаточно высокой, даже если погрешности измерений будут сопоставимы с допуском контролируемого параметра. Из проведенного анализа вытекает, что допустимые соотношения можно принимать как

$$[\Delta] = (0,5 \dots 1,0)T,$$

где $[\Delta]$ – погрешность измерения; T – допуск промежуточного значения параметра.

При исследовании технологического процесса по результатам измерений параметров объектов необходимо получить оценки положения центров группирования этих параметров и их рассеяния. Такие исследования должны дать оценку влияния случайных факторов (обычных причин изменчивости) на ход технологического процесса, а также тенденций смещений центров группирования в ходе длительного воспроизведения технологического процесса из-за наличия систематически влияющих факторов (особых причин изменчивости). Простым и наглядным примером исследования технологического процесса, получившим широкое практическое распространение, является построение так называемых контрольных карт.

При исследовании технологического процесса приходится решать две разные исследовательские задачи с соответствующей постановкой задач измерений:

- выявление тенденции смещения положений центров группирования параметров «мгновенных выборок»;
- исследование поля практического рассеяния параметров в выборке.

В результате получения оценок этих параметров делается вывод о технологическом процессе. Рассмотрим механизм влияния погрешности измерения на достоверность заключения о действительном состоянии технологического процесса.

В случае если измерения обладают свойством правильности (отсутствия систематической составляющей погрешности в результатах измерений), по-

грешности измерений могут оказывать существенное влияние только на определение характеристик рассеяния контролируемых параметров в выборке. Это обстоятельство обусловлено нулевым математическим ожиданием случайной погрешности измерения. Влияние погрешностей измерений на определение характеристик положения центров группирования контролируемых параметров в каждой выборке является незначительным и обусловлено малыми объемами «мгновенных» выборок, применяемых при исследовании технологических процессов.

Искажение оценок рассеяния параметров в выборке, вызванные погрешностью измерений, может быть оценено по правилу сложения дисперсий:

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sigma_{\text{изм}}^2 + \sigma_{\text{парам}}^2,$$

где $\sigma_{\text{парам}}$ – среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра; $\sigma_{\text{изм}}$ – среднее квадратическое отклонение погрешности измерения.

Используя данное соотношение, можно сопоставить значения рассеяния погрешностей измерения и соответствующие этим значениям искажения результирующего рассеяния. По аналогии с рекомендациями по нормированию погрешности для задачи измерений при контроле промежуточного параметра в рассматриваемом случае можно воспользоваться следующим соотношением:

$$\sigma_{\text{изм}} \leq \sigma_{\text{парам}}.$$

Важно отметить, что в соответствии с правилом сложения дисперсий погрешность измерения в рассматриваемом случае только несколько ухудшает результаты контроля выборок. Другими словами, погрешность измерений может привести к принятию преждевременного решения о подналадке процесса, но в то же время снижает вероятность принятия данного решения с опозданием.

Контроль состояния технологического оборудования по значениям соответствующего параметра в первую очередь направлен на получение характеристик поля практического рассеяния параметров в выборке.

При исследовании поля практического рассеяния параметров в выборке для построения приемлемой гистограммы желательно получить следующее соотношение между реализуемой погрешностью измерения Δ_n и размахом значений R' :

$$\Delta_n \approx 1/10 R'.$$

Этого добиваются методом последовательных приближений, назначая сначала Δ_1 , а затем при необходимости переходя к $\Delta_2 < \Delta_1$, $\Delta_3 < \Delta_2$ и т. д., после чего полученное значение погрешности измерения Δ_n принимают за допустимое значение погрешности, т. е. $[\Delta] = \Delta_n$. Соотношение принято из тех соображений, что для построения гистограммы и полигона исследуемого распределения желательно иметь 8...12 столбцов (10 ± 2), причем допускается попада-

ние результатов в соседние столбцы, но не «прыжок» через столбец.

Оценка среднего квадратического отклонения параметров $\sigma_{\text{техн}}$ и оценки границ поля рассеяния параметров с выбранной вероятностью позволяют давать заключения о соответствии исследуемого технологического оборудования поставленным требованиям к точности. Кроме того, именно такие оценки должны быть положены в основу выбора технологического оборудования, одним из общепринятых условий которого является соотношение

$$\sigma_{\text{техн}} \leq 1/6T.$$

Более логично было бы представить это соотношение в форме

$$\sigma_{\text{техн}} \leq \frac{T}{k},$$

где k – коэффициент, зависящий от выбранной доверительной вероятности и от вида случайного распределения параметра.

Выводы

1. Операционный контроль в отличие от других видов технического контроля является комплексным, то есть решает не одну, а ряд контрольных задач. Проведенный анализ позволил выделить четыре задачи, решаемые в ходе операционного контроля.

2. Для каждой из выделенных четырех задач разработаны рекомендации по нормированию погрешности измерений. В качестве исходного критерия при выработке данных рекомендаций использовалось условие обеспечения достоверности операционного контроля.

Список литературы

1. Марков Н. Н., Кайнер Г. Б., Сацердотов П. А. Погрешность и выбор средств при линейных измерениях. – М.: Машиностроение, 1967. – 392 с.
2. Данилевич С. Б. Планирование выходного измерительного контроля качества продукции. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 137 с.

D. V. Solomakho, Postgraduate Student, Belorussian National Technical University, Minsk, Belorussia

B. V. Tsitovich, Candidate of Technical Sciences, Belorussian National Technical University, Minsk, Belorussia

S. S. Sokolovsky, Candidate of Technical Sciences, Belorussian National Technical University, Minsk, Belorussia

Measurement Tolerance Design for Operational Quality Control

The issues of measurement accuracy within operational control are considered. Analysis of the technical literature and standards show that there is a kind of "normative vacuum" concerning operational control. Implementing the methodology of final inspection to operational control is not correct because the objectives of final inspection and operational control do not match. Recommendations for standardization of measurement accuracy for a variety of problems solved within operational control are provided.

Key words: operational control, measurement error, reliability, tolerance.

УДК 621.002.5

К. А. Чашенко, аспирант, Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Статья посвящена разработке технологии получения волокнистых материалов из полимерных отходов для сорбции нефти и нефтепродуктов.

Ключевые слова: технология, волокно, сорбент.

В настоящее время перед человечеством стоит глобальная проблема ликвидации последствий разливов нефти и нефтесодержащих продуктов в результате аварийных ситуаций различного масштаба и попадания ее в водную среду.

Сегодня в мире производится и используется для ликвидации разливов нефти около двух сотен различных сорбентов, которые подразделяют на неорганические, органические, органоминеральные и синтетические на основе термопластичных веществ. Однако многие из них имеют сложную технологию производства и, соответственно, высокую цену.

Характеризующей оценкой качества сорбентов определяется главным образом их емкость по отношению к нефти, плавучесть после сорбции нефти, возможность регенерации и утилизации сорбента.

Синтетические сорбенты находят все более широкое применение для сбора разлитой нефти и нефтепродуктов, поскольку доступны, производятся в промышленных масштабах и часто являются отходами производства [1]. В отличие от органических и органоминеральных сорбентов синтетические сорбенты благодаря специфике своей структуры являются прекрасной сорбирующей основой для созда-