

– мелкие брызги (аэрозоли) переносятся с потоками воздуха и могут достигнуть частей конструкции, не расположенных непосредственно на дороге.

В итоге внешние условия, в которых находятся конструкции, можно объединить в качественную модель. Воздействия на автодорожную конструкцию можно описать на трех уровнях:

1 Климатические условия. Они могут быть описаны условиями температуры и влажности воздуха, солнечного излучения, дождя и ветра.

2 Местные (локальные) условия. Они описываются количеством крупных брызг воды и солевых растворов и мелких брызг воды и солевых растворов (аэрозолей). При этом рассматриваются: дорожные условия, которые описываются с учетом особенностей движения (состав и типы транспортных средств, скорость, интенсивность и т. д.), характеристики дороги (структура поверхности и т. д.), распространение антиобледенителей (частота, тип соли); защита от дождя и потоков воздуха; характеристики конструкции (расстояние до дороги, размер, форма, ориентация и положение конструкции, защита от дождя и потоков воздуха).

3 Условия на поверхности конструкции: температура поверхности  $T(t)$ ; влажность поверхности  $RH(t)$ ; поверхностная концентрация хлора  $Cl(t)$ ; углекислого газа  $CO_2(t)$ ; особенности поверхности (ориентация поверхности, ее форма, неровность, цвет).

УДК 621.643.053

## РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДИНАМИЧЕСКИХ ТВЕРДОМЕРОВ НА ПРИМЕРЕ ПРИБОРА «ИМПУЛЬС-2М»

*А. В. РАБЦЕВИЧ, О. В. МАЦУЛЕВИЧ, В. А. РУДНИЦКИЙ*

*Институт прикладной физики НАН Беларуси*

В настоящее время твердомеры динамического действия широко используются для неразрушающего определения твердости и предела прочности металлических изделий в процессе производства, при входном контроле и мониторинге состояния действующих объектов. Портативные динамические приборы, по сравнению со статическими твердомерами Бринелля, Роквелла и Виккерса, обладают бесспорными преимуществами, заключающимися, прежде всего, в возможности контроля находящихся в эксплуатации объектов без изготовления специальных образцов и разрушения изделия. Кроме того, они позволяют контролировать объекты различной формы и размеров с произвольно ориентированными в пространстве поверхностями.

В то же время существуют ограничения при контроле большого класса изделий такими приборами. Ограничения обусловлены жесткими требованиями, предъявляемыми методом измерения к минимальной локальной жесткости (толщине) контролируемого изделия, а также к максимальной шероховатости его поверхности. Требования к локальной жесткости заключаются в том, что современными твердомерами с достаточной точностью можно контролировать изделия с толщиной стенки в области контроля от 9–10 мм и выше; минимальная сосредоточенная масса изделия в области контроля – 2,5–3 кг. Рекомендуемые значения шероховатости –  $Ra_{1,6-2,5}$ . Несоблюдение этих требований приводит к возникновению существенной ошибки измерения. Так, при увеличении шероховатости до  $Ra_{4-5}$  погрешность может составлять 30–40 НВ, а при контроле изделий толщиной до 4 мм погрешность может достигать 60 НВ даже при относительно небольшой номинальной твердости (100–200 НВ).

В Институте прикладной физики НАН Беларуси проводятся исследования, направленные на разработку современных высокоэффективных средств контроля физико-механических характеристик материалов контактно-динамическим методом. Объектами контроля выступают изделия из металлов и сплавов, резинотехнические изделия и изделия из пластмасс, бетон и другие строительные материалы. Основные преимущества метода связаны с принципом получения первичной информации о контролируемом объекте, заключающимся в непрерывной регистрации процесса взаимодействия индентора с материалом и последующей обработке полученного сигнала по специальным алгоритмам. В результате при тестировании металлов прибором рассчитываются такие параметры



ударного взаимодействия, как коэффициент восстановления скорости, динамическая твердость по Мейеру, длительность удара, глубина внедрения и контактное усилие. Большое количество регистрируемых параметров отличает данный метод от существующих способов определения твердости, главным недостатком которых является их малая информативность.

Проведенные на металлах и сплавах исследования показали, что перечисленные параметры индентирования имеют различную чувствительность к мешающим факторам – шероховатости и недостаточной жесткости. На основании этого были разработаны методики минимизации влияния ограниченной локальной жесткости и массы контролируемого изделия, а также шероховатости его поверхности на результат определения твердости металла. Использование этих методик позволяет расширить область применения динамических твердомеров на изделия с толщиной стенки от 5,5 мм и выше без притирания изделия к массивному основанию на консистентной смазке и снижает требование к шероховатости контролируемой поверхности до  $Ra4-5$ .

Разработанные методики реализованы в приборе «Импульс-2М», предназначенном для измерения твердости металлических изделий и предела прочности изделий из сталей перлитного класса. Прибор прошел государственные приемочные испытания, внесен в Реестр средств измерений Республики Беларусь (сертификат № 3380). На железнодорожном транспорте прибор может использоваться для неразрушающего экспресс-контроля и оценки текущего состояния путей и металлических элементов подвижного состава. Конструкция датчика и программное обеспечение прибора могут быть адаптированы к особенностям контролируемых деталей и решаемым задачам.

УДК 528.4:004.4.24

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ УРАВНИВАНИЯ ПЛАНОВЫХ И ВЫСОТНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

*Н. С. СЫРОВА, И. П. ДРАЛОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта*

Коррелятный способ уравнивания по праву является самым сложным при его реализации на ЭВМ. Причины заключается в неуниверсальности алгоритма составления матрицы условных уравнений, особенно при обработке главных геодезических сетей. Поскольку при оценке точности функции измеренных и уравненных величин оценочные функции составляются аналогично условным уравнениям, то возникают проблемы не только при уравнивании, но и после него на этапе окончательных вычислений. Приведен обзор существующих автоматизированных алгоритмов коррелятного способа уравнивания с одновременным обобщением известного способа профессора И. И. Монины на случай неравноточных измерений.

**Алгоритм З. М. Юршанского.** Автоматизированный алгоритм З.М. Юршанского предлагает лишь частичную автоматизацию вычисления коэффициентов условных уравнений по формуле

$$b_i = \frac{(W_i)_e - W}{e}, \quad (1)$$

где  $W$  – свободный член условного уравнения;  $W_i$  – значение свободного члена после искажения  $i$ -го измерения на малую величину  $e$ .

Недостатком метода является то, что он предполагает программирование вычисления свободно-го члена с последующим численным дифференцированием.

**Алгоритм М. Д. Герасименко.** Разработана методика составления однозначных по норме условных уравнений для любых геодезических сетей, не зависящих от размерности пространства и числа определяемых пунктов.

Предполагается вычисление координат пунктов по необходимому числу измерений, для которых можно записать:

$$C + V_c = \bar{C} + \bar{V}_c, \quad (2)$$