

УДК 525.625

Метрологическое обеспечение бесконтактных систем измерения линейной скорости в промышленности

Николаева Александра Павловна

nikolaevaap@student.bmstu.ru

Тумакова Екатерина Владимировна^(*)

tumakova_ekaterina@bmstu.ru

SPIN-код: 7691-2876

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрены проблемы метрологического обеспечения бесконтактных систем измерения линейной скорости в промышленности. Представлено предложение для решения одной из выделенных метрологических проблем в виде разработки стенда для отработки процесса измерения линейной скорости с помощью бесконтактных систем. Сформулированы требования, предъявляемые к стенду. Проведены расчеты точностных характеристик для блока задания линейной скорости и блока бесконтактной системы измерения линейной скорости разрабатываемого стенда. Проработаны варианты применения на предлагаемой стенде оптической системы для измерения скорости и ультразвукового датчика положения.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, скорость горячего проката, бесконтактные системы измерения скорости, оптические измерительные системы, ультразвуковые датчики

Metrological support of non - contact linear speed measurement systems in industry

Nikolaeva Alexandra Pavlovna

nikolaevaap@student.bmstu.ru

Tumakova Ekaterina Vladimirovna^(*)

tumakova_ekaterina@bmstu.ru

SPIN-code: 7691-2876

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The article considers the problems of metrological support of non-contact linear speed measurement systems in industry. A proposal is presented for solving one of the identified metrological problems in the form of developing a stand for testing the process of measuring linear velocity using non-contact systems. Requirements for the stand are formulated. Calculations of the accuracy and technical characteristics for the linear velocity setting unit and the non-contact linear velocity measurement system unit of the developed stand are performed. Options for using an optical system for measuring speed and an ultrasonic position sensor on the proposed stand are worked out.

Keywords: metrological support, hot rolling speed, non-contact speed measurement systems, optical measuring systems, ultrasonic sensors

Введение. В современном производстве метрологическое обеспечение является ключевым элементом, обеспечивающим точность и достоверность измере-

ний. Необходимость измерения такой физической величины как линейная скорость критически важна для многих отраслей промышленности, поскольку скорость напрямую влияет на эффективность производственных процессов, безопасность операций и точность контроля за качеством. Достоверность измерений линейной скорости в промышленных системах позволяет оптимизировать процессы, снизить издержки, а также повысить уровень автоматизации.

Особое внимание измерению линейной скорости уделяется в следующих отраслях промышленности: газовая и нефтегазовая, металлургическая, горнодобывающая, химическая, строительная и автомобильно-дорожная.

На примере металлургической промышленности можно выделить характерные проблемы и особенности измерений линейной скорости в промышленности. В данной области измеряется линейная скорость движения полосы горячего и холодного проката. Измерения необходимо выполнять на протяжении всего технологического процесса производства, поскольку на каждом этапе существуют свои диапазоны измеряемых скоростей для получения, в конечном счете, продукции с заданными свойствами [1].

Скоростной диапазон для горячего проката составляет от 0,5 до 7,0 м/с, в зависимости от стана и технологии обработки, для холодного — от 1 до 15 м/с [2].

Условиями, накладывающими ограничения на выбор измерительных средств, а также их размещение в прокатном цеху являются следующие:

- влажность воздуха, достигающая 100 % из-за работы гидросбива во время перемещения заготовки от нагревательной печи к прокатной клети;
- температура слэбов (заготовок металла, из которых изготавливаются прокатываемые листы), нагреваемых до 900–1300 °С;
- наличие проскальзывания листов при движении по рольгангу;
- наличие пыли окалины, загрязняющих воздух;
- твердых частиц газов от рабочих печей цеха.

Из приведенного перечня условий, в которых проводятся измерения, критически важным фактором является их разнообразие. Если сравнить все выделенные области промышленности, то следует отметить, что в зависимости от сферы существенно разнятся диапазоны измеряемых скоростей, требуемая точность и ограничения по монтажу. Такая многогранность задач и условий исключает универсальное решение и обуславливает необходимость применения систем, адаптированных под конкретные объекты, диапазоны скоростей и внешние воздействия.

В ходе выполнения данной работы были выявлены следующие проблемы метрологического обеспечения бесконтактных систем измерения линейной скорости в промышленности:

- необходимость в повышении точности измерения скорости для поддержания заданного технологического процесса;
- сложности, связанные с влиянием условий окружающей среды, накладывающих ограничения на выбор средств измерений линейной скорости и влияющих на их показания и точность;

- необходимость в проведении измерений средствами с высокой степенью быстродействия при быстроизменяющихся скоростях, при не равнозамедленном/равноускоренном движении, т. е. динамических измерениях;
- сложности с установкой и настройкой новых измерительных систем на объектах из-за отсутствия возможности остановки производства на длительный срок;
- необходимость регулярной калибровки средств измерений для оценки точности выполняемых измерений;
- необходимость интеграции с системами управления производственных процессов, которая вызывает дополнительные сложности в плане совместимости и передачи данных.

Методы и материалы. В качестве решения проблемы, связанной с установкой и настройкой новых измерительных систем, которая возникает из-за необходимости прекращения работы производства, которое, в свою очередь, приводит к значительным экономическим потерям, в работе предложено разработать стенд, назначением и главной задачей которого, является отработка методик измерения линейной скорости бесконтактными измерительными системами без необходимости остановки производственного процесса и проведения измерений на промышленном объекте.

Результаты. Разрабатываемый стенд необходим для отработки методик измерения линейной скорости с помощью выбранных средств, которые в дальнейшем после апробации могут быть внедрены в производственный процесс. При внедрении новых измерительных систем важным этапом является отработка правильности подключения ее составных частей, расположения и крепления средств измерений, выбора их оптимального количества, а также точек их установки с учетом исключения взаимного влияния.

Перечень функций, которыми должен обладать разрабатываемый стенд:

- универсальность конструкции для установки и фиксации измерительных систем;
- возможность позиционирования и регулировки;
- имитация движения объекта.

Структурная схема разрабатываемого стенда, учитывающая все обозначенные функции, приведена на рис. 1.

В ходе расчета погрешности блока воспроизведения скорости была построена диаграмма Исикавы (рис. 2). На диаграмме приведены все рассмотренные составляющие погрешности и причины их возникновения.

Для дальнейшей разработки бесконтактной системы измерения скорости, входящей в состав стенда, был выбран оптический датчик скорости и длины ИСД-3 российского производства компании «Сенсорика-М».

Данная система предназначена для измерения скорости и длины материалов, движущихся возвратно-поступательно относительно датчика.

Принцип измерения основывается на растровой пространственной фильтрации изображении объекта.

В состав оптической системы измерения скорости обычно входит линза и фотодетектор, регистрирующий отраженный от объекта сигнал. В данной системе скорость движения объекта пропорциональна частоте, которая, в свою очередь, определяется линейным размером области регистрации фотодетектора и временем пересечения этой области элементом объекта. При этом в процессе измерений вырабатывается низкочастотный сигнал [3, 4].

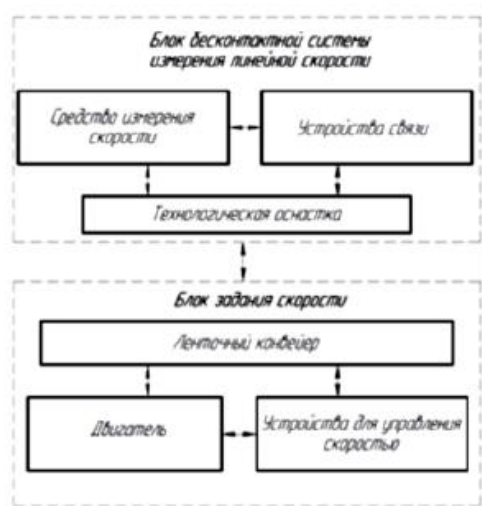


Рис. 1. Структурная схема проектируемого стенда

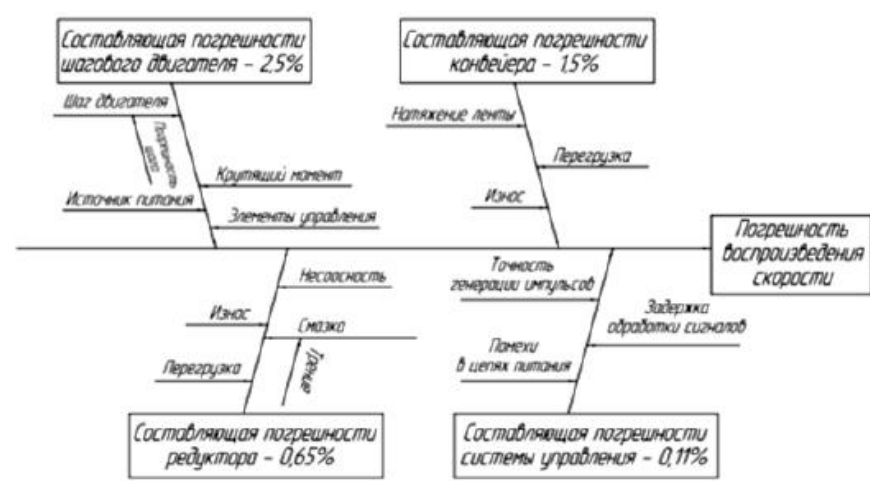


Рис. 2. Диаграмма Исикавы

Реализация установки данной системы относительно стенда изображена на рис. 3. Изначально измерения проводятся на расстоянии 0,2 метра от ленты конвейера, далее данное расстояние может быть увеличено до 0,6 метров благодаря конструкции крепления. Требуемое количество компонентов измерительных средств данной системы равно единице.

При использовании оптического датчика к объектам измерения должны предъявляться следующие требования: объекты должны иметь поверхность с достаточным коэффициентом отражения ($> 15\%$). Наилучшие результаты

достигаются на матовых, текстурированных или шероховатых поверхностях таких как металл, резина, окрашенные поверхности. Также необходимо минимизировать оптические помехи (пыль, туман, интенсивная засветка) и вибрации, которые оказывают влияющие на фокусировку луча. Примерами промышленных объектов, которые могут быть использованы при измерении, являются различные металлические детали, а также бумажные, текстильные рулоны и полотна.

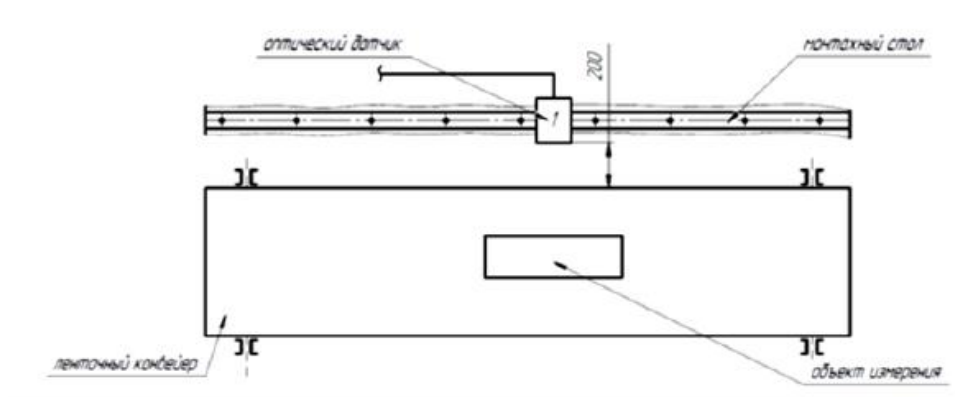


Рис. 3. Схема установки ИСД-3

Для второй бесконтактной системы, реализация измерения которой может быть проведена на стенде, была выбрана система с ультразвуковыми датчиками положения. Одним из ключевых достоинств ультразвуковых датчиков является высокая точность и стабильность измерений, позволяющая определять положение объектов в широком диапазоне расстояний — от нескольких миллиметров до нескольких метров. Еще одним важным преимуществом является их нечувствительность к оптическим помехам, таким как пыль, дым, туман или изменение освещенности.

Для проработки измерения линейной скорости была выбрана модель ультразвуковых датчиков положения Microsonar UT-212 Российского производства компании «КИП-Сервис».

Измерение скорости в данном случае основывается на определении расстояния, проходимого объектом, и затрачиваемого на это времени. Зная расстояние и время, можно вычислить среднюю линейную скорость объекта. Ультразвуковой датчик положения определяет местоположение объекта в поле зрения датчика за счет излучения и приема высокочастотных звуковых волн (обычно в диапазоне 20–200 кГц). При подаче напряжения пьезоэлектрический излучатель генерирует ультразвуковые волны, которые распространяются в среде. При столкновении с объектом волны отражаются и возвращаются в приемник [5].

Реализация установки данной системы относительно стенда изображена на рис. 4. Изначально измерения также проводятся на расстоянии 0,2 м от ленты конвейера, однако данное расстояние может быть увеличено до 0,6 м благодаря конструкции крепления. Расстояние между датчиками также может быть изменено, на приведенной схеме оно составляет 0,5 м.

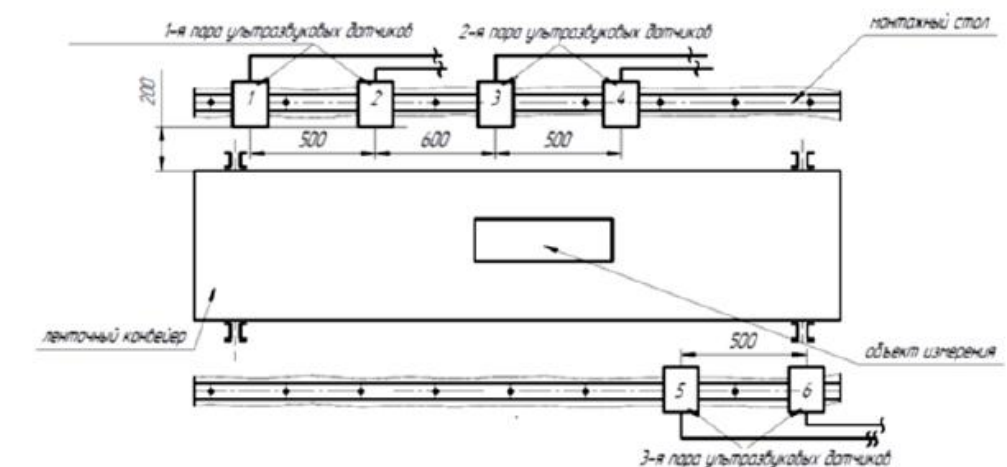


Рис. 4. Схема установки датчиков Microsonar UT-212

Согласно руководству по эксплуатации, для нормальной работы датчиков без взаимного перекрытия их лучей, установлено минимальное расстояние между ними. В случае установки на одной оси оно составляет 0,25 м, в случае расположения на параллельных осях — 0,375 м.

Требуемое количество компонентов измерительных средств данной системы равно шести.

Заключение. Для решения проблемы в области метрологического обеспечения измерения линейной скорости, связанной с установкой и настройкой новых измерительных систем в промышленности, было предложено решение в виде разработки стенда, необходимого для отработки методик измерений линейной скорости выбранными бесконтактными системами.

Результаты проделанной работы могут быть использованы для металлургической отрасли промышленности, где производят измерение скорости перемещения заготовок проката; для горнодобывающей и химической промышленности для измерения скорости не химически активных среднекусовых грузов; для металлообрабатывающей, бумажной, текстильной и пищевой промышленности для измерения и контроля скорости перемещаемых по конвейерным линиям объектам.

Список источников

- [1] Колесников А.Г., Яковлев Р.А., Мальцев А.А. *Технологическое оборудование прокатного производства*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014, 158 с.
- [2] Деланд Ф. Стан холодной прокатки для электротехнических сталей. *Металлургическое производство и технология*, 2009, № 2, с. 28–29.
- [3] Завражина Т.Г. *Датчики*. Екатеринбург, Изд-во РГППУ, 2002, 86 с.
- [4] Юсупалиев П.У., Радомский Н.В., Шутеев С.А., Коковин В.А. Измерение интервала времени с пикосекундным разрешением для системы «лазер — время — позиционно-чувствительный детектор излучения». *Прикладная физика*, 2009, № 5, с. 113–118.
- [5] Аш Ж. *Датчики измерительных систем*. Москва, Мир, 1992, 480 с.