

## ПОСТРОЕНИЕ ВЕСОИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПУТЕМ РАСШИРЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛА ЭЛЕКТРОННОГО РЕГИСТРАТОРА ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ МОСТОВОГО КРАНА

Рассмотрены подходы к созданию весоизмерительной системы на кранах мостового типа. Выбрана ее принципиальная схема, использующая элементы датчикового оснащения крана и электронные блоки ограничителя грузоподъемности и регистратора параметров. Рассмотрены алгоритмы математической обработки сигнала датчика нагрузки. Экспериментально обоснованы требования к сигналу, получаемому с датчиков, а также выбран рациональный алгоритм работы разрабатываемой системы.

*Ключевые слова:* весоизмерительная система, регистратор параметров, точность взвешивания.

## DEVELOPING WEIGHT-MEASURING SYSTEM BY EXTENDING FUNCTIONAL ABILITY OF ELECTRONIC REGISTRATOR FOR BRIDGE CRANE OPERATION PARAMETERS

The article examines approaches to development of a weight-measuring system for bridge-type cranes. A concept scheme of the system is selected on the basis of bridge-crane sensors and electronic blocks of an overload limiter and parameters registrar. Algorithms for processing signals from a load cell by means of mathematics are considered. Requirements for signals coming from sensors are experimentally verified, and a rational algorithm of operation is chosen for the proposed system.

*Keywords:* weight-measuring system, parameters registrar, weighing accuracy.

Одной из задач в развитии современной подъемно-транспортной техники является совершенствование цифровых систем учета параметров работы крана. Несмотря на то, что регистраторы параметров работы грузоподъемных кранов известны давно и успешно применяются на кранах мостового типа, в последние годы среди эксплуатантов кранового оборудования появился запрос на расширение их функций, в частности добавление возможности их использования в целях коммерческого взвешивания и учета обрабатываемых грузов.

Зачастую при появлении потребности в такой функции встает вопрос о возможности модификации существующих регистраторов параметров (РП) с целью построения весоизмерительных систем. Однако статья 137 действующих ФНП [1] не допускает использования РП для учета веса перемещаемых грузов. Данный запрет обусловлен в первую очередь различием принципов работы ограничителя грузоподъемности (ОГП) — являющегося главным поставщиком информации для РП — и крановых весов. В частности, последние

позволяют достоверно определить массу взвешиваемого груза только при строгом контроле условий взвешивания, то есть неподвижных механизмах подъема и передвижения тележки и крана, что позволяет минимизировать влияние таких негативных факторов, как динамическая составляющая нагрузки, раскачка груза и пр., снижающих точность взвешивания. Ограничители же грузоподъемности срабатывают в момент попытки подъема груза, реагируя на изменение нагрузки в датчиках, воспринимающих вес груза [2]. Иными словами, ОГП определяют нагрузку, воспринимаемую краном, а не массу груза.

Таким образом, критерием качества работы весов является точность определения массы груза, в то время как ограничителя — скорость его срабатывания и определения нагрузки, к точности которой не предъявляется высоких требований. Согласно ГОСТ 33713–2015, точность определения нагрузки РП должна составлять  $\pm 3\%$ . Однако вследствие рекомендательного характера нормативных документов и отсутствия методики подтверждения соответствия данному стандарту удовлетворение

выпускаемыми ныне приборами данному требованию точности не подтверждено [3].

Такие характеристики точности являются неприемлемыми для построения весоизмерительной системы, удовлетворяющей метрологическим требованиям к весам ГОСТ OIML R76-1-2011. В данной работе были экспериментально обоснованы требования к качеству сигнала, получаемого с датчиков нагрузки ОГП прибора ОГШ-2 производства ЗАО «ИТЦ «КРОС» [4], определен возможный алгоритм работы весоизмерительной системы, удовлетворяющей требованиям средней (II класса) точности, построенной на базе данного прибора, принципиальная схема которого приведена на рис. 1.

Для этой цели были разработаны и изготовлены экспериментальные версии прибора ОГШ и АЦП с изменяемой частотой дискретизации и разрядностью и проведены опыты как с экспериментальным, так и штатным прибором. Для определения массы груза по сигналу с датчиков были рассмотрены и реализованы в среде mathcad пять алгоритмов обработки сигнала, принципиально пригодных для моделирования работы весоизмерительного модуля.

В качестве экспериментальной установки использовался двухбалочный мостовой кран КМГ-201 (г/п 2 т, пролет 16 м), установленный в лаборатории кафедры подъемно-транспортных систем МГТУ им Н.Э. Баумана. Использован наборный груз массой 2020 кг. Экспериментальный прибор ОГШ-2, оснащенный тензометрическим датчиком крановых

весов ВЭК-5000, для снятия данных был подключен к компьютеру, оснащенный программным обеспечением для считывания записей регистратора параметров.

Запись производилась в трех режимах: с разрядностью 10 бит и частотой дискретизации 16 Гц (штатный режим работы ОГП), разрядностью 10 бит и частотой 256 Гц, разрядностью 12 бит и частотой 64 Гц. Методы математической обработки изложены в [5]. Результаты расчета представлены в табл. 1, где ошибка — погрешность нахождения значения массы груза, разбег — разность наибольшего и наименьшего результатов расчета в серии.

Как следует из результатов, режим работы АЦП 12 бит / 64 Гц обеспечивает точность измерения и разбег, удовлетворяющие требованиям среднего класса точности ГОСТ OIML R76-1-2011, с применением алгоритмов нелинейной регрессии и осреднения фиксированного буфера. Однако в силу высокой вычислительной сложности метода нелинейной регрессии, в качестве рационального алгоритма работы весоизмерительной системы можно принять алгоритм осреднения буфера.

По результатам расчетов для различных параметров работы АЦП были определены параметры точности взвешивания и на их основании был сделан вывод о достаточных характеристиках сигнала для построения весоизмерительной системы и предложен рациональный алгоритм работы весоизмерительного модуля. Найденный режим достижим лишь со значительной модификаци-

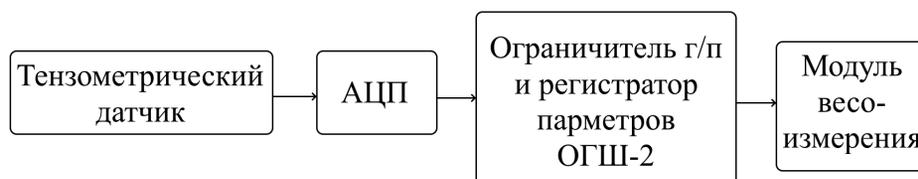


Рис. 1. Принципиальная схема комбинированного устройства весоизмерения

Таблица 1

Экспериментальные характеристики точности различных методов определения массы груза

Расчетный метод	Штатный режим ОГП 10 бит / 16 Гц		Режим 1 10 бит / 256 Гц		Режим 2 12 бит / 64 Гц	
	Ошибка, кг	Разбег, кг	Ошибка, кг	Разбег, кг	Ошибка, кг	Разбег, кг
Непосредственное осреднение	1,30	5	0,74	2	0,39	2
Поиска экстремумов (Гаусс)	0,99	4	0,52	2	0,99	4
Поиска экстремумов (интерполяция)	1,00	4	0,56	2	1,00	6
Нелинейной регрессии	1,48	5	0,98	3	0,32	1
Осреднения буфера	0,79	3	0,63	2	0,22	1

ей существующего прибора ОГШ, разработкой и производством принципиально новых блоков весоизмерения, хранения информации о грузах,

связи с оператором и др., а также разработки программного обеспечения для обмена информацией и наладки системы.

#### Список литературы

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» : утверждены Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 г. № 533. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/499060049> (дата обращения: 14.10.2019).

2. *Роцин В. А.* Разработка и экспериментальная проверка алгоритма самонастройки прибора ограничителя грузоподъемности ОГШ для мостовых кранов / В. А. Роцин, С. Д. Иванов, Н. Л. Михальчик // Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ». — 2018. — № 15. — С. 514–524. — URL: [https://vestnik.sibadi.org/jour/article/view/701?locale=ru\\_RU](https://vestnik.sibadi.org/jour/article/view/701?locale=ru_RU) (дата обращения: 14.10.2019).

3. *Бром А. Е.* Использование регистраторов параметров при эксплуатации мостовых кранов / А. Е. Бром, С. Д. Иванов, К. К. Шакаров // Механизация строительства. — 2016. — № 6. — С. 38–42. — URL: <https://rucont.ru/efd/407869> (дата обращения: 14.10.2019).

4. Ограничители грузоподъемности. — URL: <http://itc-kros.ru/category/ogranichiteli-gruzopodemnosti> (дата обращения: 14.10.2019).

5. *Федотов А. А.* Численные метода : метод. указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Численные методы» / А. А. Федотов, П. В. Храпов. — Москва : МГТУ им Н. Э. Баумана, 2012. — 141 с.