

Редакционная коллегия
Лалаянц Р. А. — председатель, Зерцалов А. И. — зам. председателя, Дьячков В. К., Березин В. Н., Шафиров З. Е., Брусенин Б. И., Иоффе Ф. С., Попова Е. Н., Овчинникова Т. Д. — секретарь

ВНИИПТМАШ
Сборник научных трудов
ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ
КРАНОСТРОЕНИЯ

Под общей редакцией Лалаянца Р. А.
Научный редактор Зерцалов А. И.
Редактор Овчинникова Т. Д.

Сдано в набор 20.06.86	Л 66122	Подписано к печати 24.02.87
Тираж 500 экз.	Заказ 914	8 уч.-изд. л. Цена 2 р. 63 к.

Типография ВНИИПМ, Москва, Б. Полянка, 43

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАЛЬНОЙ МАССЫ КРАНОВ

А. Ю. Бекетов, И. М. Моисеев

В ряде случаев для определения реальной массы крана необходимо его взвесить в собранном виде или на заводе-изготовителе, или после монтажа у заказчика. Результаты измерений реальной массы (взвешивания) позволяют сравнивать различные конструкции кранов, могут использоваться для уточнения методик теоретического расчета массы крана (расчетная масса обычно определяется с точностью $\pm 10\%$), для расчета динамических характеристик крана. Одновременно с измерением реальной массы крана можно получить данные о максимальных статических нагрузках на подкрановые пути и ходовые колеса. Во ВНИИПТМАШ проведена работа, цель которой была сформулирована следующим образом: «Измерение реальной массы (взвешивание) мостовых кранов расчетной массой до $30 \cdot 10^3$ кг на месте их рабочей установки с точностью, существенно превышающей точность теоретических расчетов». В процессе работы были сформулированы следующие требования к методике и средствам взвешивания:

допустимая погрешность измерения не должна превышать 3%;

прибор должен иметь массу и габариты, позволяющие его транспортировку одним человеком;

прибор должен быть работоспособен в условиях колебания питающего напряжения в диапазоне 190...240 В и сильных электромагнитных помех;

весь процесс взвешивания не должен занимать более 30 мин;

при взвешивании не допускается отрыв ходовых колес крана от рельса более чем на 50 мм;

методика взвешивания должна позволять проводить измерения в условиях ограниченного пространства.

После постановки задачи был рассмотрен ряд существующих взвешивающих устройств. Однако в требуемом диапазоне измерений ни одно из них не соответствовало предъявленным требованиям, в основном, из-за больших габаритов и значительной собственной массы. В связи с невозможностью проведения измерений имеющимися устройствами возникла необходимость в создании нового прибора.

В его основу был положен метод поочередного измерения давления концевых балок крана на тензометрический датчик давления ТДД, расположенный на искусственной опоре. Этот метод позволяет при соответствующем оборудовании обеспечить требуемую точность. Прибор для взвешивания кранов ПВК-2 состоит из следующих функциональных блоков (рис. 1):

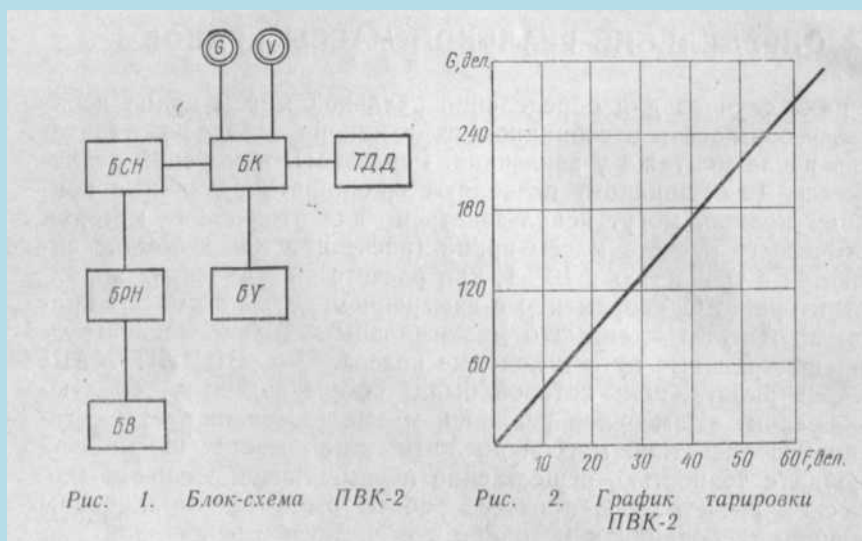


Рис. 1. Блок-схема ПВК-2

Рис. 2. График тарировки ПВК-2

блок выпрямления БВ, состоящий из понижающего трансформатора, выпрямителя и вспомогательных устройств;

блок стабилизации напряжения БСН;

блок регулировки напряжения БРН, обеспечивающий установку с требуемой точностью напряжения в диапазоне 0,5... 10 В;

блок установки пуля БУ, обеспечивающий балансировку тензометрического моста;

блок коммутации БК, обеспечивающий последовательное подсоединение ТДД к источнику питания и измерительным приборам;

тензометрический датчик давления ТДД;

вольтметр V, контролирующей напряжение на ТДД в процессе измерения;

гальванометр G, измеряющий разбаланс тензометрического моста, величина которого зависит от давления на ТДД.

Блоки БВ, БСН, БРН, БУ, БК конструктивно выполнены в одном корпусе, что облегчает и ускоряет процесс измерения. Приняты соответствующие меры для защиты от перегрузок в цепи питания, коротких замыканий в цепи ТДД, мощных электромагнитных помех. Прибор работоспособен в диапазоне температур от - 20°C до +30°C. Масса прибора — 2,5 кг, размеры 220x120x120 мм. Тарировка прибора ПВК-2 проводилась на прессе типа ЕД-10. Пресс обеспечивает нагрузку от 0 до 100 кН, цена деления 500 Н. График тарировки показан на рис. 2. Данные, полученные при тарировке, были

обработаны по методу наименьших квадратов. График тарировки представлен в виде функций $F = f(G)$

$$F = aG + b, \quad (1)$$

где F — сила нагружения, кН;
 G — деления гальванометра (усредненные значения для серии замеров);

$$a = \frac{n \sum GF - \sum G \sum F}{n \sum G^2 - (\sum G)^2}; \quad (2)$$
$$b = \frac{\sum G^2 \sum F - \sum G \sum GF}{n \sum G^2 - (\sum G)^2}, \quad (3)$$

где n — число нагружений при тарировке.
Расчеты по формулам (2) и (3) дали следующие результаты:
 $a = 0,226$ кН/дел.
 $b = 0,00$ кН.
Таким образом, формула (1) представляется в виде:

$$F = 0,266 G \quad (4)$$

и служит для расчета массы крана.

После обработки результатов измерений по формуле (4) необходимо учесть погрешности, возникающие в процессе испытаний. Суммарная погрешность Θ_{Σ} включает в себя погрешности тарировки, нестабильности напряжения, инструментальную погрешность, температурного дрейфа нуля и погрешность от невертикальной установки ТДД.

Погрешность тарировки определяется ценой деления устройства, на котором она проводилась, и для пресса типа ЕД-10 составляет $\Theta_1 = \pm 250$ Н. Погрешность нестабильности напряжения определяется точностью заданного напряжения на ТДД и в приборе ПВК-2 не превышает $\Theta_2 = \pm 200$ Н. Инструментальная погрешность определяется ценой деления шкалы измерительного гальванометра и в приборе ПВК-2 составляет $\Theta_3 = \pm 226$ Н. При «создании прибора были приняты специальные меры для уменьшения влияния температуры на точность измерений. По оценке, подтвержденной предварительными испытаниями, погрешность за счет отклонения температуры окружающей среды от $+20^{\circ}\text{C}$ составит $\Theta_4 = +100/-400$ Н. Погрешность от невертикальной установки ТДД при размещении датчика на платформе домкрата по экспериментальным данным не превышает -250 Н. Таким образом, $\Theta_5 = +0/-250$ Н/

Согласно общепринятой методике независимые погрешности суммируются, максимальная погрешность измерений таким образом составит $\Theta'_{\Sigma} = +776/-1336$ Н.

Так как методика взвешивания предусматривает два измерения (на каждой концевой балке) погрешность, соответственно, удваивается и составит $\Theta_{\Sigma} = +1552/2672$ Н.

Методика взвешивания заключается в последовательном подъеме до отрыва колес от рельса концевых балок мостового крана. Практически измерение проводится следующим образом: на рабочей платформе домкрата устанавливается ТДД, после чего домкрат подводится под концевую балку. Затем производится подъем концевой балки до отрыва обоих ходовых колес от рельса. По гальванометру считываются показания. Для исключения случайных ошибок операция повторяется несколько раз. Правильность выполнения замера и исправность аппаратуры контролируется по возвращении на начальную отметку зайчика гальванометра при полной разгрузке ТДД. Затем вся последовательность операций повторяется на второй концевой балке, полученные результаты складываются.

Во время испытаний прибора был взвешен экспериментальный мостовой кран грузоподъемностью 12,5, пролетом 22,5 м. Грузовая тележка была расположена по центру пролета крана.

Результаты замеров приведены в таблице.

Результаты взвешивания									
Концевая балка со стороны кабины					Концевая балка со стороны токоподвода				
Номер замеров	Показания гальванометра		ΔG	$\Delta \bar{G}$	Номер замеров	Показания гальванометра		ΔG	$\Delta \bar{G}$
	без нагрузки	при полной нагрузке				без нагрузки	при полной нагрузке		
1	-165	+103	270		1	-173	+50	223	
2	-170	+100	+270		2	-168	+40	218	
3	-171	+99	+270	270	3	-180	+44	224	223
4	-169	+102	271		4	-169	+50	219	
5	-170	+100	270		5	-170	+50	220	

Обработка результатов по формуле (4) дала следующие значения сил давления крана на ТДД:

со стороны кабины $F_1 = 61,02 \cdot 10^3$ Н;

со стороны токоподвода $F_2 = 50,398 \cdot 10^3$ Н.

ΔG — разность показаний гальванометра при полной нагрузке и без нагрузки,

$\Delta \bar{G}$ — математическое ожидание значений при всех испытаниях.

Общая масса крана

$$m = \frac{F_1 + F_2}{g} = \frac{111,418 \cdot 10^3}{9,8} = 11,369 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

С учетом погрешностей общая масса крана

$$m = 11,369 \cdot 10^3 \begin{matrix} + 155,2 \\ - 267,2 \end{matrix} \text{ кг}$$

Расчетная масса данного крана составляет $10,7 \cdot 10^3$ кг. Масса аппаратуры радиоуправления, установленной на кране - около 300 кг. Дополнительное оборудование («паук», кабель и т.п.) не входящее в конструкцию и находившееся на кране в момент взвешивания, по ориентировочной оценке весит около 200 кг. С учетом этого предполагаемая расчетная масса крана $11,2 \cdot 10^3$ кг. Как видим, отклонение экспериментальных данных от расчетных составляет 109 кг или 1,5%.

Таким образом, прибор ПВК-2 может быть использован для измерения реальной массы кранов на месте рабочей установки.

В настоящее время во ВНИИПТМАШ ведется работа по совершенствованию прибора ПВК-2 с целью улучшения его эксплуатационных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. М., Мир, 1972.
2. Кошелкин Н. Ф., Тимофеев В. Д. и др. Создание ряда мостовых крюковых кранов режима работы 1—3 по ИСО грузоподъемностью 5 - 50 т. Заключительный отчет, 1984 г.
3. ГОСТ 13109—67 «Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии у ее приемников, присоединенным к электрическим сетям общего назначения».