

УДК 621.791.037

Коросташевский П.В.¹, Роянов В.А.²

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИИ КАНТОВАТЕЛЕЙ ЛИНИЙ СБОРКИ И СВАРКИ ЛИСТОВЫХ ПОЛОТНИЩ

Рассмотрены способы уменьшения крутящих моментов и мощности приводов вращения рам кантователей линий сборки и сварки листовых полотнищ и направления совершенствования конструкции оборудования, получены формулы расчета положений центров тяжести взаимно уравновешивающих друг друга полотнищ и передвижных элементов относительно оси вращения рам кантователей.

Кантовка листовых полотнищ обечаек котлов железнодорожных вагонов-цистерн при их изготовлении для сварки обратной стороны полотнищ, контроля и ремонта сварных швов является обязательным элементом технологического процесса. В связи с этим, в линиях сборки и сварки полотнищ кантователи полотнищ являются важнейшей составляющей транспортной системы, определяющей работоспособность, производительность и экономичность работы линий в целом. Это особенно актуально для универсальных линий сборки и сварки листовых полотнищ, на которых изготавливаются полотнища обечаек котлов железнодорожных вагонов-цистерн практически всех типоразмеров. При внутренних диаметрах котлов от 2000 мм до 3200 мм размеры полотнищ, зависящие от диаметров (развертки обечаек), составляют от 6,3 м до 10,08 м, длина (по длине продольных сварных швов) от 4,68 м до 11,2 м [1]. Масса полотнищ при этом – от 2,0 т до 10 т. Отмеченный диапазон параметров создает серьезные трудности при разработке универсального оборудования. Поэтому оптимальный выбор основных параметров кантователей листовых полотнищ, совершенствование методики их расчета и конструкции является важной научной и практической задачей при создании специального технологического оборудования в вагоностроении, судостроении и иных отраслях машиностроения.

В линиях сборки и сварки листовых полотнищ применяются в основном двухстоечные кантователи с неподвижной осью вращения, имеющие рамы с роликовым полем для установки кантуемых полотнищ, привода вращения рам и привода перемещения полотнищ [2 – 4]. В таких кантователях установка любого полотнища осуществляется путем подачи его до упора в торец рамы. При этом положение центра тяжести полотнища относительно оси вращения рамы зависит от размеров полотнища и положения центра тяжести полотнища относительно его лобовой кромки. Поскольку рама кантователя с расположенными на ней элементами балансируется относительно оси вращения, то основным крутящим моментом, который необходимо преодолевать приводу при вращении рамы с полотнищем, является крутящий момент от веса кантуемого полотнища, существенно отличающийся для полотнищ различных размеров.

В известных публикациях [2 – 5] не освещены вопросы компенсации крутящих моментов от веса различных полотнищ в универсальных кантователях. Это вынуждает при разработке кантователей существенно увеличивать мощность приводов, размеры и массу металлоконструкций вращающихся рам.

Целью настоящей работы является совершенствование методики расчета мощности привода кантователей путем компенсации крутящих моментов от веса различных полотнищ при их кантовке и конструкций универсальных кантователей линий сборки и сварки листовых полотнищ.

Упрощенная схема двухстоечного кантователя полотнищ с неподвижной осью вращения и введенными передвижными упорами изображена на рис. 1.

¹ПГТУ, аспирант

²ПГТУ, д-р техн. наук, проф.

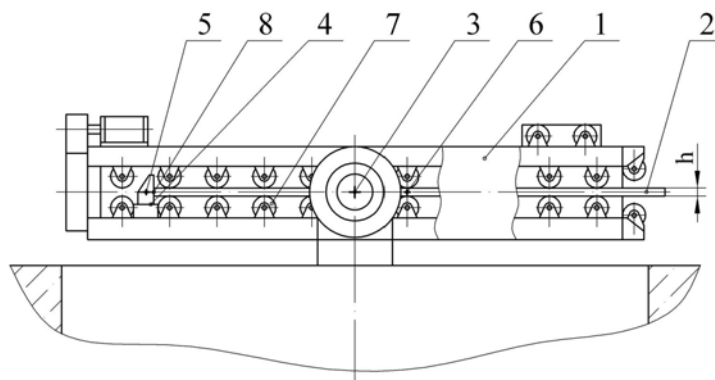


Рис. 1 – Упрощенная схема кантователя полотнищ:

1 – рама кантователя с роликовым полем, механизмами перемещения и фиксации полотнища; 2 – полотнище; 3 – ось вращения рамы; 4 – передвижные упоры; 5 – центр тяжести упоров; 6 – центр тяжести полотнища; 7 – нижние ролики; h – толщина полотнища

В конструкцию кантователя включены отсутствующие в аналогах передвижные упоры, контактирующие с лобовой кромкой полотнища и останавливающие его в требуемом положении. Кроме того, конструктивно обеспечиваются следующие моменты, облегчающие работу приводов вращения рам и снижение их энергетических параметров:

1. При установке в кантователе ось симметрии полотнища по толщине и, соответственно, его центр тяжести, а также центр тяжести передвижных упоров находятся в плоскости, проходящей через ось вращения рамы кантователя (см. рис. 1). В таком положении полотнище фиксируется в раме на нижних роликах и перекановывается на 180°.

2. Все вращающиеся элементы рамы, кроме передвижных упоров, после фиксации полотнища уравновешены относительно оси вращения рамы: рама кантователя со всеми механизмами (за исключением передвижных упоров) отбалансирована.

С учетом этого рассмотрим схему действия внешних сил и крутящих моментов при кантовке полотнища относительно оси вращения рамы, изображенную на рис. 2.

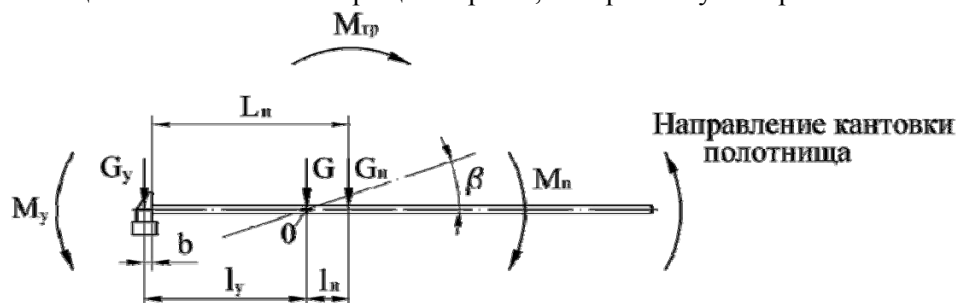


Рис. 2 – Схема действия внешних сил и крутящих моментов при кантовке полотнища:

O – ось вращения рамы кантователя;

M_n , M_y и M_{mp} – соответственно крутящие моменты от веса полотнища G_n , веса упоров G_y и сил трения в подшипниках цапф рамы;

G – суммарный вес всех вращающихся с рамой элементов (рамы с упорами и полотнищем);

l_n и l_y – соответственно расстояния от оси вращения рамы до центров тяжести полотнища и передвижных упоров;

β – угол поворота полотнища при кантовке

Из-за незначительных величин и кратковременности действия динамические крутящие моменты, возникающие в период пуска и торможения двигателей, в данной работе не учитываются.

Из схемы видно, что при кантовке полотнища действуют три основных крутящих момента: M_n , M_y и M_{mp} .

$$M_n = G_n \times l_n \times \cos \beta; \quad M_y = G_y \times l_y \times \cos \beta; \quad M_{mp} = G \times \mu \times d / 2$$

В последней формуле:

- μ – коэффициент трения в подшипниках цапф рамы;
- d – средний диаметр подшипников цапф рамы.

При кантовке полотнища на 180° из исходного положения (см. рис. 2) и возврате рамы после удаления полотнища из кантователя направление действия и величины крутящих моментов изменяются в зависимости от косинуса угла поворота β и направления поворота рамы, а также от наличия в ней полотнища. Это отображено на графиках и схемах действия моментов на рис. 3.

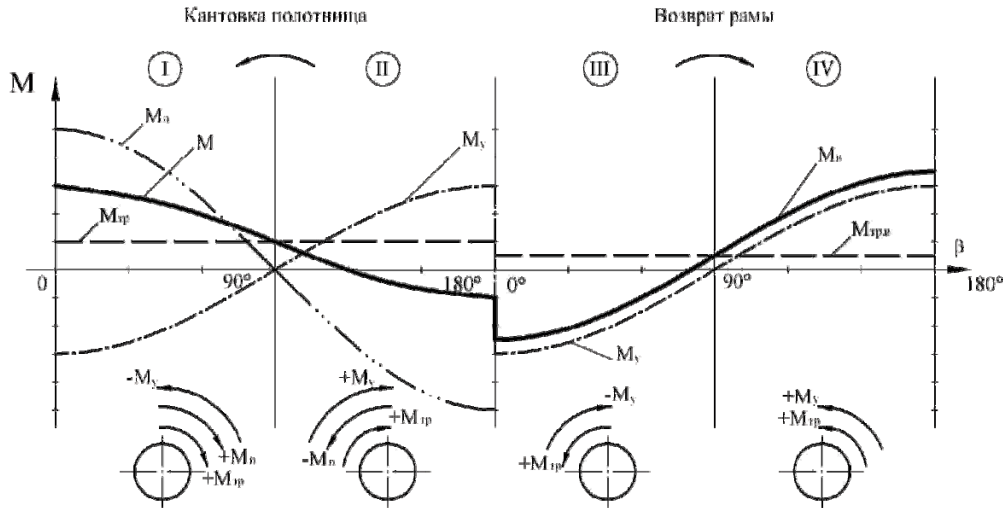


Рис. 3 – Графики и схемы действия крутящих моментов при работе кантователя:

I и II – при кантовке полотнища;

III и IV – при возврате рамы без полотнища в исходное положение;

M и $M_{гр}$, M_c , $M_{гр,с}$ – суммарные крутящие моменты и крутящие моменты от сил трения при кантовке полотнища и возврате рамы в исходное положение соответственно

Из графиков видно, что при возврате рамы в исходное положение крутящий момент от сил трения уменьшается из-за отсутствия полотнища, а суммарный крутящий момент возрастает, так как крутящий момент от действия веса передвигаемых упоров не компенсируется крутящим моментом от веса полотнища. При этом, максимальная нагрузка на привод получается не при кантовке полотнища, а при возврате пустой рамы в исходное положение. Чтобы избежать перегруза привода передвигаемые упоры перед возвратом пустой рамы в исходное положение необходимо перемещать к оси вращения рамы совмещая с последней их центр тяжести. В этом случае приводу необходимо будет преодолевать только уменьшенный крутящий момент от сил трения.

Поскольку, как отмечалось ранее, полотнища обладают различным весом и геометрическими размерами, компенсации крутящего момента от веса любого полотнища при его кантовке имеет определяющее значение для снижения мощности приводов. Достичь этого можно при уравновешивании полотнищ при кантовке передвигаемыми упорами (без нарушения балансировки остальных элементов рамы). В этом случае (при полной компенсации) суммарный крутящий момент также будет сведен к крутящему моменту от сил трения.

Для определения параметров установки различных полотнищ в кантователе при взаимной компенсации крутящих моментов от их веса и веса передвигаемых упоров рассмотрим условие равновесия системы полотнище – передвигаемые упоры:

$$\begin{aligned} M_n &= M_y; \\ G_n \times l_n \times \cos \beta &= G_y \times l_y \times \cos \beta \end{aligned} \quad (1)$$

Выразив значение l_n через l_y , расстояние от лобовой кромки полотнища до его центра тяжести L_n и расстояние от центра тяжести упоров до их плоскости контакта с лобовой кромкой полотнища b (см. рис.2) получим формулу:

$$l_n = L_n + b - l_y$$

Подставив полученное значение l_n в формулу (1) и выполнив соответствующие преобразования, получим формулы значений расстояний от центров тяжести полотнищ и передвижных упоров до оси вращения рамы:

$$L_y = (L_n + b) \cdot \frac{G_n}{(G_n + G_y)} \quad (2)$$

$$L_n = (L_n + b) \cdot \left[1 - \frac{G_n}{(G_n + G_y)} \right] \quad (3)$$

Так как вес упоров G_y и размер b являются постоянными конструктивными величинами кантователя, то при помощи полученных формул, зная значения веса полотнищ и координаты их центров тяжести относительно лобовой кромки, определяют координаты центров тяжести взаимно уравновешивающих друг друга любого полотнища и передвижных упоров относительно оси вращения рамы кантователя (рис. 1). По результатам расчета настраивают соответствующим образом оборудование.

Дальнейшие исследования в этом направлении позволят разработать алгоритм автоматического определения параметров, необходимых для настройки кантователей в производстве.

Выводы

1. На основании проведенных исследований установлено, что для уменьшения крутящих моментов и мощности приводов вращения рам кантователей универсальных линий сборки и сварки листовых полотнищ полотнища в кантователях необходимо уравновешивать относительно оси вращения рам передвижными элементами, например – упорами, центры тяжести которых перед возвратом рамы без полотнища в исходную позицию совмещаются с осью вращения рамы.
2. Получены формулы для определения координат центров тяжести взаимно уравновешивающих друг друга любого полотнища и передвижных упоров относительно оси вращения рамы кантователя в зависимости от веса полотнища и положения его центра тяжести относительно лобовой кромки.

Перечень ссылок

1. *Коросташевский П.В.* Выбор основных параметров стенов автоматической сварки листовых полотнищ обечаек котлов в крупносерийном производстве / *П.В. Коросташевский* // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: Зб. наук. пр. – Маріуполь, 2006. – Вип. № 16. – С. 171 – 175.
2. *Антонец Д.П.* Поточная линия изготовления сварных цистерн емкостью 60 м³ / *Д.П. Антонец, А.В. Жигула, Р.Г. Полоцкий* // Автоматическая сварка. – 1960. – № 6. – С.14 – 17.
3. А.с. 647090 СССР, МКИ В23К 37/04 Поточная линия для сборки и сварки листов в полотнища.
4. *Приходько В.И.* Комплексная механизация и автоматизация производства сварных конструкций в вагоностроении / *В.И. Приходько, Б.Г. Цыган.* – Полтава.: НТП «Критерий», 1999. – 427 с.
5. *Гребенник В.М.* Расчет металлургических машин и механизмов / *В.М. Гребенник, Ф.К. Иванченко, В.И. Ширяев.* – Киев.: Вища школа, 1988. – 448 с.

Рецензент: А.Д. Размышляев
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 23.02.2009