

УДК (UDC) 621.86/.87

ОПЫТ МОДЕРНИЗАЦИИ ТРАВЕРСЫ ПОКРАСОЧНОЙ КАМЕРЫ

EXPERIENCE IN UPGRADING THE TRAVERSE OF THE PAINT CHAMBER

Прусов А.Ю., Мельников А.Н.
Prusov A.Yu., Melnikov A.N.Ярославский государственный технический университет (Ярославль, Россия)
Yaroslavl state technical University (Yaroslavl, Russia)

Аннотация. Траверсы являются отдельной группой грузозахватных приспособлений, используемых грузоподъемными машинами для работы со всевозможными грузами. Конструктивно они представляют собой линейную или пространственную (рамную) металлоконструкцию с различными дополнительными элементами (ветвями, захватами). Благодаря траверсам можно исключить возникновение сжимающих (сдавливающих) усилий грузов, снизить высоту подъема крюка грузоподъемного механизма и сократить сроки выполнения грузоподъемной операции. В статье приведен краткий анализ существующих конструкций траверс и методов их расчета. Описана задача по конструированию пространственной траверсы для применения в покрасочной камере машиностроительного предприятия. Рассмотрен практический пример развески грузов на симметричной траверсе как обязательный элемент выполнения технологической операции. Подчеркивается необходимость применения требований «культуры безопасности» для всех этапов грузоподъемной операции. Указывается на необходимость предварительной подготовки конструкторской и эксплуатационной документации во взаимосвязи с технологическими особенностями и возможностями конкретного производства. Достигнут положительный результат по внедрению в эксплуатацию конструкции рамной траверсы для покрасочной камеры во взаимосвязи с безопасными методами работы, отраженными в паспорте на изделие и в руководстве по эксплуатации. В выводах акцентировано внимание на необходимость расширения полученного опыта на другие виды и типы траверс, а также на необходимости систематизации и обобщения полученного опыта, накопления статистических данных.

Ключевые слова: траверса, модернизация, камера покрасочная, культура безопасности, грузозахватное приспособление

Дата принятия к публикации: 17.04.2020
Дата публикации: 25.06.2020

Сведения об авторах:

Прусов Андрей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент, кафедра «Строительные и дорожные машины», Ярославский государственный технический университет, e-mail: ay@prusov.info.

Annotation. Traverses are a separate group of General classification of load-grabbing devices used by lifting machines to work with all kinds of goods. Structurally, they represent a linear or spatial (frame) metal structure with various additional elements (branches, grips). Thanks to the traverses, it is possible to eliminate the occurrence of compressive (squeezing) forces of loads, reduce the lifting speed of the hook of the lifting mechanism and reduce the time of the lifting operation. The article presents a brief analysis of existing traverse designs and methods of their calculations. The problem of designing a spatial traverse for use in the painting chamber of a machine-building enterprise is described. A practical example of cargo hanging on a symmetrical traverse is considered as a mandatory element of the technological operation. The necessity of applying the requirements of "safety culture" for all stages of lifting operation is emphasized. The necessity of preliminary preparation of design and operational documentation in connection with the technological features and capabilities of a particular production is indicated. A positive result has been achieved in the implementation of the design of the frame traverse for the painting chamber in conjunction with the safe working methods reflected in the product data sheet and in the operation manual. The conclusions focus on the need to expand the experience to other types and types of traverse, as well as the need for systematization and generalization of the experience, the accumulation of statistical data.

Keywords: traverse, modernization, painting chamber, safety culture, load-handling device

Date of acceptance for publication: 17.04.2020
Date of publication: 25.06.2020

Authors' information:

Andrey Yu. Prusov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department "Construction and road machines", Yaroslavl State Technical University, e-mail: ay@prusov.info.

ORCID: 0000-0002-3853-0416

Мельников Артём Николаевич – студент, кафедры «Строительные и дорожные машины», Ярославский государственный технический университет, e-mail: Tema66650@mail.ru

ORCID: 0000-0002-1780-1301

†
†
†
†
†
†
†

ORCID: 0000-0002-3853-0416

Artem N. Melnikov - student, Department "Construction and road machines", Yaroslavl State Technical University, e-mail: Tema66650@mail.ru

ORCID: 0000-0002-1780-1301

1. Введение

На промышленных предприятиях машиностроительного профиля всегда существует необходимость окраски и сушки деталей всевозможного назначения, от кузовных до деталей трансмиссии различной массы и геометрического профиля. Для этой цели применяют специальные камеры для покраски, представляющие собой несколько последовательно расположенных камер (помещений), через которые в непрерывном ритме с заранее установленной скоростью перемещаются окрашиваемые детали. Последние подвешены при помощи специальных грузозахватных приспособлений на крюки грузоподъемных машин, перемещающихся по замкнутому подвесному пути, состоящего, как правило, из тавровых балок.

Производительность работы покрасочной камеры зависит от количества загруженных на линию деталей и скорости (ритма) её движения, определяемой строгими требованиями выполнения технологических операций по зачистке, подготовке, окраске и сушке изделий.

Производительность покрасочной камеры можно определить по формуле для машин непрерывного действия, если одним из параметров является скорость движения окрашиваемых деталей в непрерывном потоке, и (или) по формуле для машин циклического действия, если важнейшим параметром является время цикла покраски. В обоих случаях вторым параметром является окрашиваемая поверхность деталей, выраженная через площадь, объем или массу с учетом шага распределения груза.

В общем виде производительность машин непрерывного действия определяется как

$$P_{\text{м.н.д.}} = F \cdot v,$$

где F - окрашиваемая площадь груза в определённый момент времени, м^2 ; v - скорость движения груза, м/с .

В общем виде производительность машин циклического действия определяется как

$$P_{\text{м.ц.д.}} = v / t_{\text{ц}},$$

где v - объем груза, м^3 ; $t_{\text{ц}}$ - время цикла, с.

Учитывая жесткие ограничения по скорости и времени выполнения операций, обособленные регламентом технологического процесса, единственной возможностью увеличить производительность камеры является необходимость увеличения загрузки линии дополнительными деталями.

В большинстве случаев для навески грузов в подобных покрасочных камерах используют траверсы. В литературе встречаются различные конструктивные исполнения и классификации траверс [1-3].

В [3] термин «траверса» не используется, вместо него применяется термин «подвеска», а в работе [1] даётся описание нескольких траверс и используется своя оригинальная терминология. Например, традиционные траверсы в виде жесткой балки описаны в разделе «Многоветвевые стропы на траверсе» и «Рамно-строповые захваты». Это означает, что основным признаком, по мнению разработчиков, является не конструктивное исполнение грузозахватного приспособления, а их назначение.

В работе [2] делается попытка систематизации траверс (рис. 1). Подробно рассматриваются две схемы подвеса траверсы к крюку грузоподъемной машины: с одной точкой подвеса и с двумя точками подвеса при помощи двух ветвей. Отмечается, что линейная траверса за две точки подвеса может использоваться для работы с грузами с незначительно смещённым центром тяжести поднимаемого груза относительно продольной оси траверсы. В этом случае гибкий тяговый орган исключает перевешивание груза на одну сторону при подъеме. Обратная ситуация происходит с траверсой с одной точкой крепления - возможно отклонение траверсы,

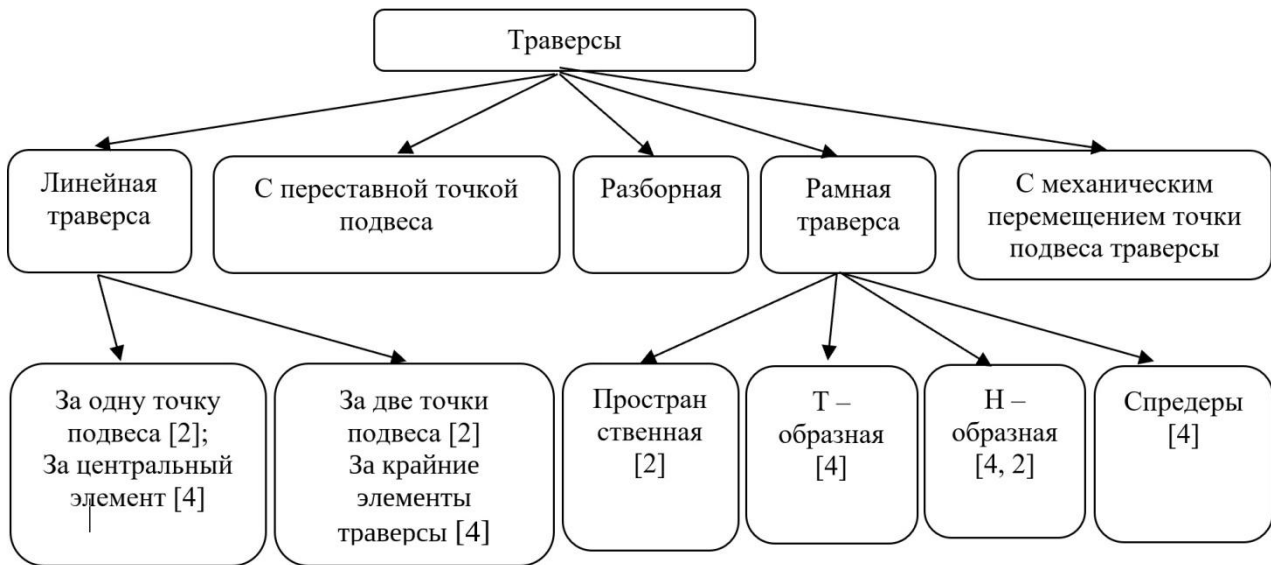


Рис.1. Систематизация траверс

и, как результат, возможна её неустойчивость. Аналогичным недостатком обладают и рамные траверсы. Задачу предотвращения отклонения траверсы в условиях неопределённости груза решить имеющимися способами невозможно. Некоторые авторы предлагают использовать механический привод для согласованного перемещения точки подвеса траверсы во время подъема [2].

Современные производители применяют собственные системы индексации для упорядочивания каталожных изданий потребителям - маркировку. Это удобно и упрощает понимание конструкции траверсы, её возможностей и технических параметров, по этому пути пошли компании Майна-Вира [4], Tractel [5], Самсон [6].

Система маркировки, как правило, включает в себя:

- тип траверсы;
- маркировку производителя;
- номер концевого элемента;
- обозначение центрального элемента;
- грузоподъемность траверсы;
- длину траверсы.

Теоретическими подходами при определении прочности и надёжности изделий являются классические методы расчета из раздела сопротивления материалов и исследования современных ученых в этой области. Справочный материал, обобщающий и систематизирующий существующую гамму рассматриваемого оборудования опублико-

ван в работах Вайнсона А.А., Андреева А.Ф. [7], Козлова Ю.Т., Обермейстера А.М. [8], Хальфина М.Н., Иванова Б.Ф., Харьковского Е.В. [9, 10]. Среди актуальных исследований данного направления существуют работы Ивановой В.А. [11], Минько В.М. [12], Анцева В.Ю. [13].

2. Постановка задачи

Целью работы является конструирование и создание грузозахватных приспособлений для линии покрасочной камеры с возможностью размещения большого количества деталей. Ориентированный целевой показатель – увеличение производительности всей линии в 2...2,5 раза.

Методами исследования является теоретическое изучение и обоснование решаемой проблемы, опытно-конструкторские работы в системе автоматизированного проектирования «КомпасV8.1» и эмпирический анализ результатов внедрения новой конструкции траверсы на производстве.

Исходная схема существующих траверс представлена на рис. 2. На нижней полке траверс установлены передвижные кронштейны для продольной навески окрашиваемых деталей. Всего траверс на линии покрасочной камеры расположено восемь штук.

Результатом данной опытно-конструкторской работы является создание новой конструкции грузозахватного приспособления и

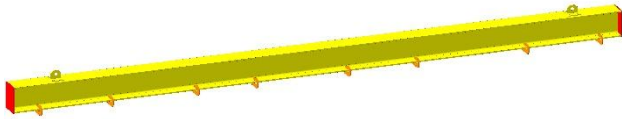


Рис.2. Существующая траверса покрасочной камеры

методика размещения груза на ней, являющаяся обязательным условием обеспечения безопасной работы, подтвержденная теоретическим расчетом и экспериментальным внедрением.

3. Теоретические исследования

Отдельным вопросом, определяющим требования к разрабатываемым траверсам, являлась принадлежность их к грузозахватным приспособлениям. Покрасочные камеры, представляющие собой в большинстве случаев схемы конвейерного типа со специальными поддерживающими устройствами (каретками, подвесками), не относятся к поднадзорному оборудованию. На них не распространяются специальные правила, на загрузке линии не работают стропальщики и нет крановщика, управляющего грузоподъемным краном. Поэтому и термин «грузозахватные приспособления» с необходимостью выполнения обязательных процедур в большинстве случаев не применяется. Подобный подход является ошибочным, так как исключает возможность применения специальных требований, например, обеспечение запаса прочности к таким изделиям или регламентирование периодичности контроля, включая ежегодные испытания и т.д. Кроме того, любые приспособления для грузоподъемных операций [14] несут в себе определенные риски, которые должны анализироваться и фиксироваться при оформлении деклараций и обосновании безопасности [15].

По описанным причинам следует все поддерживающие устройства в подобных конвейерных системах определять как грузозахватное приспособление и применять к ним соответствующие нормативно-технические требования или разрабатывать новые.

Вторым вопросом теоретических исследований являлся подбор варианта новых гру-

зозахватных приспособлений. По экономическим причинам из всего разнообразия существующих приспособлений [1, 7, 12, 13, 16] было принято решение идти по пути модернизации существующих линейных траверс к пространственным (рамным) путем размещения дополнительных поперечных балок [2, 4, 6]. Идея увеличения общей производительности покрасочной камеры заключается в создании дополнительного места для крепления листовых деталей в подвешенном состоянии и размещение их не только в продольном, но и в поперечном положении.

В случае с линейной траверсой полезная площадь, используемая для навески деталей, определялась длиной траверсы l_{mp} и высотой навески груза h , ограниченной ростом оператора, осуществляющего навеску груза (рис. 3).

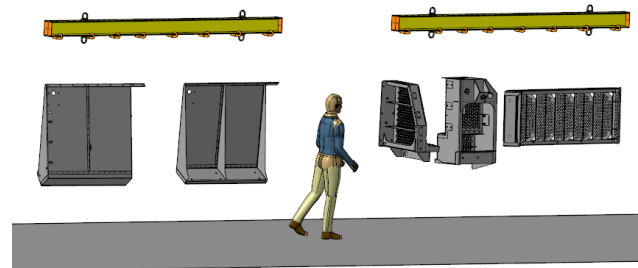


Рис.3. Текущая схема навески грузов для покраски

В конкретном рассматриваемом случае полезная площадь одной траверсы равна $2,45 \text{ м}^2$ и определяется как

$$F = l_{mp} \cdot h \cdot k_3,$$

где l_{mp} - длина траверсы, м; h - высота навески груза, м; k_3 - коэффициент заполнения траверсы (принимается равным 0,7).

В системе автоматизированного проектирования «КомпасV8.1» была создана цифровая модель модернизируемой траверсы с увеличенной полезной площадью и возможностью развеса груза (рис. 4). Для этого на продольную траверсу были установлены три поперечные балки. Длины этих балок подбились в соответствии с шириной проёма входных ворот покрасочной камеры. Рас-

стояние между балками должно обеспечить свободный проход маляру для выполнения своих функций.

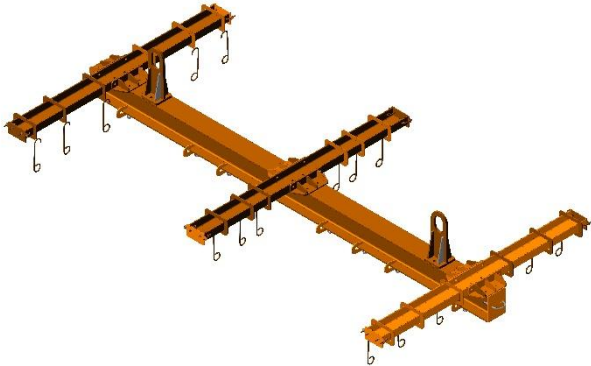


Рис.4. Модель модернизированной траверсы

После модернизации полезная площадь для развески груза составила $6,23 \text{ м}^2$ и рассчитывалась по формуле:

$$F = (l_{mp} \cdot h + 3l_{non} \cdot h) \cdot k_3,$$

где l_{non} - длина поперечной балки, м.

Как видно из полученного результата, полезная площадь для развески груза увеличилась в 2,5 раза, что соответствует поставленной задаче.

Используя возможности электронной визуализации проектирования, была создана модель участка технологической линии с целью анализа габаритных размеров, условий взаимного соударения и взаимодействия с частями помещения в момент изменения траектории движения (рис. 5) окрашиваемых деталей.

Используя методику анализа рисков [15, 17-21] была проведена всесторонняя оценка вероятности возникновения опасных ситуаций и определена степень безопасности в конкретном процессе производственной деятельности. По результатам этой работы идентифицированы опасности и разработаны меры по их устранению.

Особое внимание уделялось вероятному отклонению новой траверсы от положения равновесия относительно продольной оси. Для предотвращения этого необходимо было решить две задачи:

1) составить схему навески грузов, обеспечивающую равновесие траверсы;

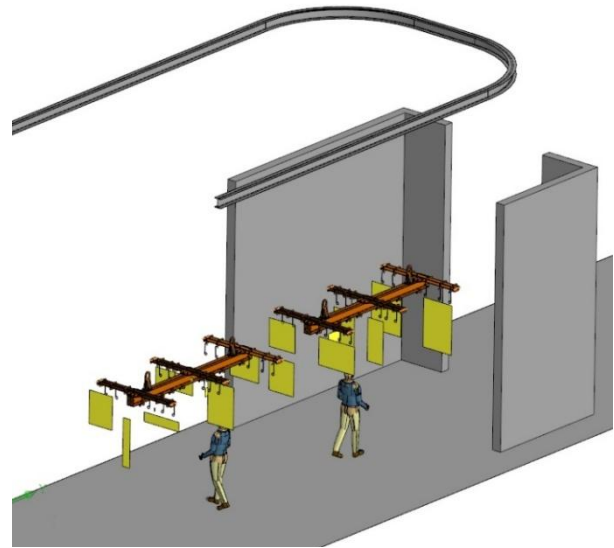


Рис. 5. Визуализация схемы развеса груза и пути поворота траверс

2) максимально снизить вероятность поворота траверсы путем размещения центра тяжести груза ниже точки крепления траверсы.

Дальнейшая работа проводилась с учетом [22, 23]. Зная размеры и массу деталей, первую задачу можно решить, составив соответствующую таблицу (табл. 1) и обеспечив условие равновесия (рис. 6):

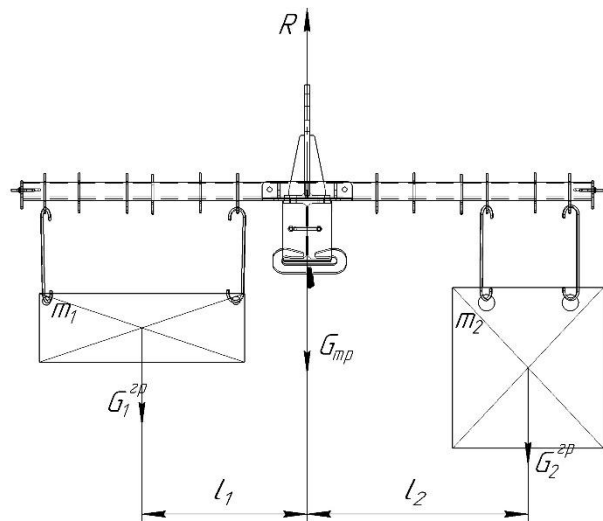


Рис. 6. Схема обеспечения равновесия траверсы

$$G_1 \cdot l_1 = G_2 \cdot l_2;$$

$$R = G_{mp} + G_1 + G_2,$$

где G_1 - сила тяжести левой стороны поперечной балки, Н; l_1 - расстояние от оси подвеса до центра масс левой поперечной балки,

м; G_2 - сила тяжести правой стороны поперечной балки, Н; l_2 - расстояние от оси подвеса до центра масс правой поперечной балки, м; G_{mp} - сила тяжести продольной балки траверсы; R - натяжение ветви грузоподъемной машины, Н.

Заранее рассчитывалась суммарная масса грузов, навешиваемых на три поперечные балки (рис. 4) относительно продольной оси траверсы (табл. 1). Причем расчет велся отдельно по левой и правой стороне траверсы. Для контроля и проверки расчетов, в средней части таблицы, приводятся конкретные артикулы или номера окрашиваемых деталей.

Таблица 1

Расчет развески грузов для фиксации требований в руководстве по эксплуатации

	Левая сторона		Правая сторона	
	артикул	масса, кг	артикул	масса, кг
1 попер. балка	Кроншт. 785Т45	7,48	Рукоять R21	6,89
2 попер. балка	Корпус 921L79	10,2	Кроншт. 785Т38	10,4
3 попер. балка	Косынка 325W76	6,25	Кроншт. 785Т24	6,8
Масса		23,9		24,1

Решение второй задачи производилось с учетом рекомендаций [5], исходя из условий:

- центр тяжести загруженной траверсы расположен на оси симметрии грузозахватного устройства;

- очередность навески грузов осуществляется последовательно с двух сторон для постоянного контроля за равновесием траверсы;

- первоначально навешивается груз, отклоняющий траверсу на угол β (рис. 7), который (для удобства навески) не должен превышать 20...25 град.

Из расчетной схемы (рис. 7) видно, что отклонению траверсы будет способствовать момент, создаваемый грузом, а противодействовать ему момент от вертикальной составляющей натяжения каната или цепи грузоподъемной машины. Зная длину последней, геометрические размеры грузозахватного приспособления и массу его отдельных

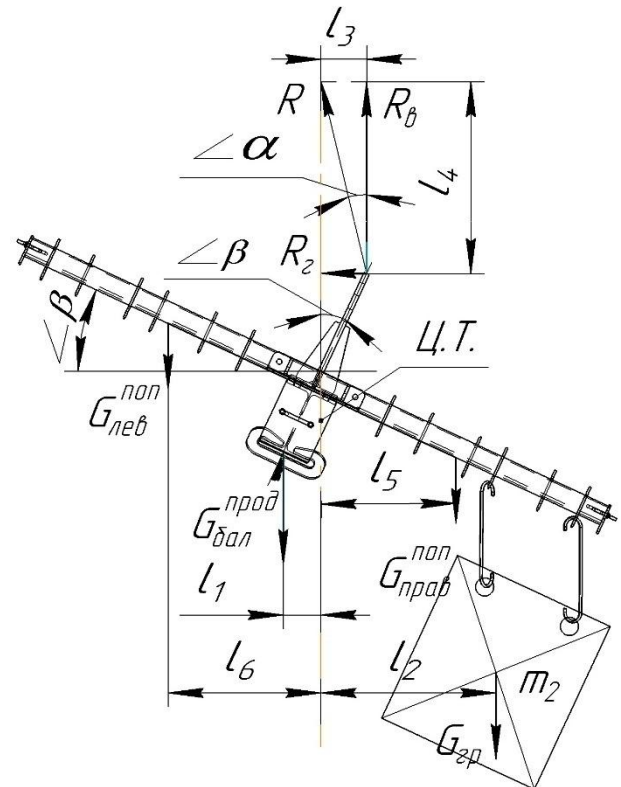


Рис.7. Первоначальное положение траверсы после навески первого груза

элементов, можно определить условие безопасного отклонения траверсы в момент навески груза:

$$\sum Y = 0; \quad G_{лев}^{non} + G_{прав}^{non} + G_{бал}^{prod} + G_{зр} = R_{\beta};$$

$$\sum M_0 = 0; \quad G_{прав}^{non} \cdot l_5 - G_{лев}^{non} \cdot l_6 + G_{зр} \cdot l_2 -$$

$$G_{бал}^{prod} \cdot l_1 + R_{\beta} \cdot l_4 - R \cdot l_3 = 0,$$

где $G_{лев}^{non}$ - сила тяжести левой стороны поперечной балки, Н; l_1 - смещение силы тяжести продольной балки, м; l_2, l_3, l_4 - плечи составляющих моментов, м; $G_{прав}^{non}$ - сила тяжести правой стороны поперечной балки, Н; l_5 - расстояние от оси подвеса до центра масс правой стороны поперечной балки, м; l_6 - расстояние от оси подвеса до центра масс левой стороны поперечной балки, м; $G_{бал}^{prod}$ - сила тяжести продольной балки, Н; R_{β}, R_{β} - горизонтальная и вертикальная составляющие реакции натяжения ветви подвеса траверсы, определяемые $R_{\beta} = R \cdot \cos \alpha$; $R_{\beta} = R \cdot \sin \alpha$, Н; $G_{зр}$ - сила тяжести груза, Н.

Для определения геометрических размеров l_1, \dots, l_6 используются известные величины:

- линейные размеры траверсы;
- допустимый угол разворота траверсы вдоль продольной оси – угол β ;
- угол α , определяемый через исходную величину высоты подвеса траверсы к самому грузоподъемному механизму.

Силы тяжести балок также являются известными исходными величинами.

Для практического выполнения условия равновесия необходимо постоянно следить за правильностью размещения грузов, регулируя расстояние l_1 и l_2 (рис. 7) путем перемещения сдвижных кронштейнов. В этой связи на первое место выходят личностные качества оператора, его внимательность и дисциплина. Речь идет о выполнении комплекса мероприятий, закрепленного в инструкции по эксплуатации, но реализуемая в полном объеме только благодаря высокой культуре безопасности на производстве [15].

4. Практическое внедрение

После всестороннего анализа спроектированной конструкции траверсы была изготовлена опытная модель для апробации, показавшая хорошие результаты. В дальнейшем для последующего внедрения в производство на покрасочной камере были заменены восемь модернизированных траверс. На рис. 8 показано фото опытного образца траверсы с размещенными листовыми деталями.

В процессе проведения работы по модернизации грузоподъемной траверсы покрасочной камеры были получены следующие результаты.

Список литературы

1. Вайнсон А.А., Андреев А.Ф. Специализированные крановые грузозахваты для штучных грузов. М.: Машиностроение, 1972. 200 с.
2. Жуков М.И., Бурнашов М.А. Систематизация траверс для подъема и перемещения крупногабаритных грузов // Мир транспорта и технологических машин. 2012. №2(37). С.96-99.



Рис.8. Опытный образец и результат внедрения траверсы на производстве

1. Проведён анализ классификационных подходов к систематизации траверс.
2. Спроектирована, изготовлена и испытана тестовой эксплуатацией опытная модель траверсы.
3. Проведена идентификация опасности диагонального перекоса траверсы и разработаны методы для снижения вероятности возникновения опасной ситуации.
4. Осуществлено внедрение на производстве восьми модернизированных траверс для полной загрузки покрасочной камеры, увеличившей пропускную способность в 2,5 раза.
5. Даны практические рекомендации по содержательной части Руководства по эксплуатации траверсы, в том числе рекомендации по внедрению подходов «Фиксируй и сообщай».

В дальнейшей исследовательской работе предстоит обобщить классификацию траверс, систематизировать модельные ряды и предложить конструкции универсальных траверс.

References

1. Vaynson A.A., Andreev A.F. *Specializirovannyye kranovyye gruzozahvaty dlya shtuchnyh gruzov*. Moscow, Mashinostroyeniye, 1972. 200 p. (In Russian)
2. Zhukov M.I., Burnashov M.A. Systematization of traverse for lifting and moving large-sized cargo. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*, 2012, No.2, pp. 96-99. (In Russian)

3. РД 31.45.03-83. Устройства грузозахватные крановые. Типовые расчеты. Методика. М.: В/О Мортехинформреклама. 1984. 152 с.
4. Майна Вира. Траверсы: сайт. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.maina-vira.ru/> (дата обращения: 14.12.2019).
5. Tractel. Грузоподъемное оборудование: сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tractel.com/ru> (дата обращения: 14.12.2019).
6. Самсон. Траверсы: сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://samson-td.ru/katalog/traversyi/> (дата обращения: 14.12.2019).
7. Вайнсон А.А., Андреев А.Ф. Крановые грузозахватные устройства: Справочник. М.: Машиностроение, 1982. 304 с.
8. Козлов Ю.Т., Обермейстер А.М., Протасов Л.П., Стрекалов Б.Н., Андреев А.Ф. Грузозахватные устройства: Справочник. М.: Транспорт, 1980. 223 с.
9. Хальфин М.Н., Иванов Б.Ф., Короткий А.А. Грузозахватные приспособления и тара. Ростов н/Д.: Феникс, 2006. 144 с.
10. Хальфин М.Н., Иванов Б.Ф., Харьковский Е.В. Оценка несущей способности специального грузозахватного приспособления для перегрузки длинномерных грузов // Известия ТулГУ. Технические науки. 2017. № 6. С.109-115.
11. Прусов А.Ю., Иванова В.А. Необходима ревизия существующей терминологии и понятийного аппарата грузозахватных приспособлений // Подъемно-транспортное дело. 2013. №2. С.19-22.
12. Дьяченко П.А., Колдина Е.В., Пилипчук Д.А., Минько В.М. К проектированию съемных грузозахватных приспособлений для подъема длинномерных грузов // Вестник молодёжной науки. 2016. №5(7). С. 1-5.
13. Анцев В.Ю., Витчук П.В., Крылов К.Ю. Классификация дефектов и отказов грузоподъемных машин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. №10. С.121-128.
14. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» № ТР ТС 010/2011: сайт Евразий-
3. RD 31.45.03-83. *Ustrojstva gruzozahvatnye kranovye. Tipovye raschety. Metodika* [Load-handling crane devices. The model calculations. Method]. Moscow, V/O Mortechnikinformreklama, 1984. 152 p. (In Russian)
4. *Majna Vira. Traversy* (website: <http://www.maina-vira.ru/>). (In Russian)
5. *Tractel* (website: <https://www.tractel.com/ru>). (In Russian)
6. *Samson. Traversy* (website: <https://samson-td.ru/katalog/traversyi/>). (In Russian)
7. Vaynson A.A., Andreev A.F. *Kranovye gruzozahvatnye ustroystva*. Moscow, Mashinostroenie, 1982. 304 p. (In Russian)
8. Kozlov Yu.T., Obermeister A.M., Protasov L.P., Strelakov B.N., Andreev A.F. *Gruzozahvatnye ustroystva*. Moscow, Transport, 1980. 223 p. (In Russian)
9. Halfin M.N., Ivanov B.F., Korotkij A.A. *Gruzozahvatnye prispособleniya i tara*. Rostov on Don, Feniks, 2006. 144 p. (In Russian)
10. Halfin M.N., Ivanov B.F., Harkovskij E.V. Evaluation of the load-carrying capacity of a special load-handling device for long-length cargo reloading. *Izvestiya TulGU. Tehnicheskie nauki*, 2017, No. 6, pp. 109-115. (In Russian)
11. Prusov A.Yu., Ivanova V.A. It is necessary to revise the existing terminology and conceptual apparatus of cargo handling devices. *Podemnotransportnoe delo*, 2013, No.2, pp. 19-22. (In Russian)
12. Dyachenko P.A., Koldina E.V., Pilipchuk D.A., Minko V.M. To the design of removable lifting devices for lifting long loads. *Vestnik molodyozhnoj nauki*, 2016, No. 5, pp.1-5. (In Russian)
13. Antsev V.Yu., Vitchuk P.V., Krylov K.Yu. Classification of defects and failures of lifting machines. *Izvestiya Tuskogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki*, 2015, No. 10, pp.121-128. (In Russian)
14. *Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti mashin i oborudovaniya» TR TS 010/2011* (website: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txnreg/deptex-reg/tr/Pages/bezopMashines.aspx>). (In Russian)

ской экономической комиссии. URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/textnreg/deptextreg/tr/Pages/bezopMashines.aspx> (дата обращения: 14.12.2019).

15. Прусов А.Ю. Оценка риска и «культура безопасности» грузозахватных приспособлений // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2019. № 3. С. 396-406.

16. Барсов И.П., Абрамович И.И., Альперович А.И. Грузозахватные устройства для строительно-монтажных работ. М: Госстройиздат, 1957. 120 с.

17. Чичерин С.С. Повышение безопасности мостовых кранов на основе анализа и оценки риска эксплуатации конструктивных элементов металлоконструкции: дис. ... канд. техн. наук. Новочеркасск, 2002, 174 с.

18. Короткий А.А., Лагереv А.В., Месхи Б.Ч., Лагереv И.А., Панфилов А.В., Таричко В.И. Транспортно-логистические технологии и машины для цифровой урбанизированной среды. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2019. 268 с.

19. Горынин А.Д. Анализ риска эксплуатации грузоподъемных машин на стадии проектирования: дис. ... канд. техн. наук. М., 2018. 173 с.

20. Зорин В.А., Севрюгина Н.С. Развитие теории и практики обеспечения технической и технологической безопасности транспортных средств // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы 2-й Междунар. научно-практ. конф., г. Орел. ОГУ, 2016. С. 294-305.

21. Одершев А.В. Методика оценки живучести перегрузочных порталных кранов: дис. ... канд. техн. наук. СПб, 2001. 159 с.

22. Флюгель Ф. Методика построения обобщенных математических моделей грузоподъемных кранов с грузом на пространственном канатном подвесе: дис. ... канд. техн. наук. 2002. 182 с.

23. Орлов А.Н. Основы теории динамического расчета грузоподъемных кранов с пространственными канатными подвесами груза: дис. ... д-ра техн. наук. СПб, 1993. 215 с.

15. Prusov A.Yu. Risk assessment and "safety culture" of load-handling devices. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, No.3, pp. 396-406. (In Russian)

16. Barsov I.P., Abramovich I.I., Alperovich A.I. *Gruzozahvatnye ustroystva dlya stroitelno-montazhnykh работ*. Moscow, Gosstroyizdat, 1957. 120 p. (In Russian)

17. Chicherin S.S. *Povyshenie bezopasnosti mostovykh kranov na osnove analiza i otsenki riska ekspluatatsii konstruktivnykh elementov metallokonstruktsii* [Improving the safety of bridge cranes based on the analysis and assessment of the risk of operation of structural elements of metal structures]. Diss. Cand. Sci. (Engineering). Novocherkassk, 2002. 174 p. (In Russian)

18. Korotkiy A.A., Lagerev A.V., Meskhi B.Ch., Lagerev I.A., Panfilov A.V., Tarichko V.I. *Transportno-logisticheskie tekhnologii i mashiny dlya cifrovoj urbanizirovan-noj sredy* [Transport and logistics technologies and machines for digital urban environment]. Rostov-na-Donu, DGTU, 2019. 268 p. (In Russian)

19. Gorynin A.D. *Analiz riska ekspluatatsii gruzopodemnykh mashin na stadii proektirovaniya* [Analysis of the risk of operating lifting machines at the design stage]. Diss. Cand. Sci. (Engineering). Moscow, 2018. 173 p. (In Russian)

20. Zorin V.A., Sevryugina N.S. Development of the theory and practice of ensuring technical and technological safety of vehicles. *Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy 2 Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Orel*. Orlovskiy gosudarstvennyy universitet im. I.S. Turgeneva, 2016, pp. 294-305. (In Russian)

21. Odershev A.V. *Metodika otsenki zhivuchesti peregruzochnykh portalnykh kranov* [Methods for assessing the survivability of re-loading gantry cranes]. Diss. Cand. Sci. (Engineering). Sankt-Petersburg, 2001. 159 p. (In Russian)

22. Flyugel F. *Metodika postroeniya obobshchennykh matematicheskikh modelej gruzopodyemnykh kranov s gruzom na prostranstvennom kanatnom podvese* [Method for constructing generalized mathematical models of lifting cranes with a load on a spatial

‡ rope suspension]. Diss. Cand. Sci. (Engineering). 2002, 182 p. (In Russian)
‡ 23. Orlov A.N. *Osnovy teorii*
‡ *dinamicheskogo rascheta gruzopodemnykh*
‡ *kranov s prostranstvennymi kanatnymi*
‡ *podvesami gruza* [Fundamentals of the theory
‡ of dynamic calculation of lifting cranes with
‡ spatial rope suspensions of cargo]. Diss. Cand.
‡ Sci. (Engineering). Sankt-Petersburg, 1993.
‡ 215 p. (In Russian)