

УДК 623.438:539.3

**Ю.Б. ГУСЕВ**, г.к. т.н., л. констр. НТК ЧАО „АзовЕлектроСталь”, Мариуполь;  
**О.В. КОХАНОВСКАЯ**, н.с. каф. ТММиСАПР НТУ „ХПИ”;  
**А.В. ТКАЧУК**, к.т.н., с.н.с., с.н.с. каф. ТММиСАПР НТУ „ХПИ”;  
**И.Я. ХРАМЦОВА**, н.с. каф. ТММиСАПР НТУ „ХПИ”

## **К ВОПРОСУ КЛАССИФИКАЦИИ ПЕРЕГРУЖАТЕЛЕЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИХ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ**

У статті відображені підходи до класифікації перевантажувачів при формуванні їхніх розрахункових схем. Проведено аналіз конструктивних схем силових елементів перевантажувачів.

**Ключові слова:** класифікація, перевантажувач, розрахункова схема, металоконструкція

В статье отражены подходы к классификации перегружателей при формировании их расчетных схем. Проведен анализ конструктивных схем силовых элементов перегружателей.

**Ключевые слова:** классификация, перегружатель, расчетная схема, металоконструкция

In this paper approaches are represented for classification of loaders at forming of their calculation charts. The analysis of structural charts of loader's power elements is conducted.

**Keywords:** classification, loader, calculation scheme, metalware

**Введение.** При формировании расчетных схем силовых элементов крупногабаритных тяжело нагруженных машин [1-3] важным этапом является классификация их конструкций. Ниже рассмотрен данный вопрос на примере перегружателей.

**Унификация и типизация конструкций перегружателей.** В отечественном краностроении широко применяется унификация и типизация схем и конструкций перегружателей. В основном унификации и типизации подверглись металлоконструкции, а также балансирные тележки, тормоза, редукторы и другие механизмы.

Основными эксплуатационными характеристиками перегружателя являются его грузоподъемность и пролет, т.е. расстояние между опорами моста (колея перегружателя). Поэтому удобно отдельные модели перегружателей характеризовать этими показателями. Так, мостовой перегружатель МП, имеющий грузоподъемность 25 т и пролет 60 м, обозначают МП-25-60.

При типизации металлоконструкций перегружателей исходят из унификации генеральных размеров, оптимизации типов сечений с целью получения наименьшей массы металлоконструкций по всему ряду, унификации сечений и отдельных узлов в пределах ряда.

На основе опыта проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации пе-

регружателей жесткой решетчатой конструкции для наиболее распространенного пролета 76,2 м ЦНИИПроектстальконструкция разработал двухсерийный типовой

© Ю.Б. Гусев, О.В. Кохановская,  
А.В. Ткачук, И.Я. Храмцова, 2013

проект. В серию I включены перегружатели с одинаковой высотой жесткой и гибкой опор (24,47 м); в серию II – перегружатели с разной высотой опор: жесткая опора короче гибкой на 8,5 м. В пределах каждой серии при одинаковой для всех случаев колее перегружателя назначены длина консолей и соответствующий ей выход грейферных тележек [4, табл. 4]. В конструкции типовых перегружателей предусмотрена установка грейферных тележек грузоподъемностью 30 и 40 т, производительностью соответственно 400 и 700 т/ч.

В качестве дополнительного оборудования на типовых перегружателях может устанавливаться ремонтный кран грузоподъемностью до 20 т (используемый при ремонте скипов доменных печей), а также перегрузочное устройство с питателем (для угольных перегружателей) или стационарной перегрузочной воронкой (для рудных перегружателей). Единой для всех типов обеих серий является геометрическая схема моста и гибкой опоры; жесткая опора имеет одинаковую геометрию только в пределах первой или второй серии.

Металлоконструкции типового перегружателя разработаны применительно к технологическим возможностям специализированных заводов строительных металлоконструкций. Для перегружателей, отличающихся длиной консолей и высотой опор, была создана единая пространственная геометрическая схема. Общность геометрии всех типоразмеров перегружателей обеспечило заводское изготовление их с широким применением кондукторов. Все элементы перегружателя, изготавливаемые заводским способом, делаются сварными, а ездовые балки – сварными или клепаными. Стальные конструкции соединяются высокопрочными болтами, работающими на трение. В некоторых случаях высокопрочные болты заменены заклепками.

Типизация трубчато-балочной конструкции перегружателей осуществлена применительно к технологическим возможностям заводов тяжелого машиностроения.

Рассмотрим двухсерийный типовой ряд перегружателей трубчато-балочной конструкции с пролетом 76,2 м под грейферную тележку грузоподъемностью 32 и производительностью 600 т/ч [4, табл. 5]. Серия I объединяет перегружатели, имеющие одинаковые опоры с высотой до оси главной трубы 21 м; серия II – перегружатели с опорами разной высоты, отличающиеся одна от другой на 8,5 м.

В качестве дополнительного оборудования для угольных перегружателей используют перегрузочные устройства с приемным бункером и питателем; для рудных перегружателей – стационарную перегрузочную воронку, которую устанавливают на свободной консоли.

Геометрическая схема моста и опоры свободной консоли – единая для всех типов перегружателей обеих серий; опора ремонтной консоли имеет одинаковую геометрию только в пределах одной серии.

**Металлоконструкции перегружателей.** В современных конструкциях пере-

грузателей на металлоконструкцию приходится около 65%, а на механизмы и электрооборудование – соответственно 30 и 5% общей массы. Основные размеры (пролет, высота, длины консолей, подмостовой габарит и т. п.) перегружателей определяются условиями их эксплуатации.

Металлоконструкция перегружателя состоит из моста и двух опор, одна из которых жесткая, другая – гибкая или шарнирная. Жесткая опора воспринимает и передает на рельсы крановых путей вертикальные реакции, а также реакции от продольных и поперечных горизонтальных нагрузок. Гибкая опора предназначена для того, чтобы воспринимать и передавать на крановые пути вертикальные нагрузки, а также горизонтальные нагрузки, действующие поперек перегружателя. При одинаковой жесткости опор нагрузки, действующие вдоль моста, распределяются между обеими опорами поровну.

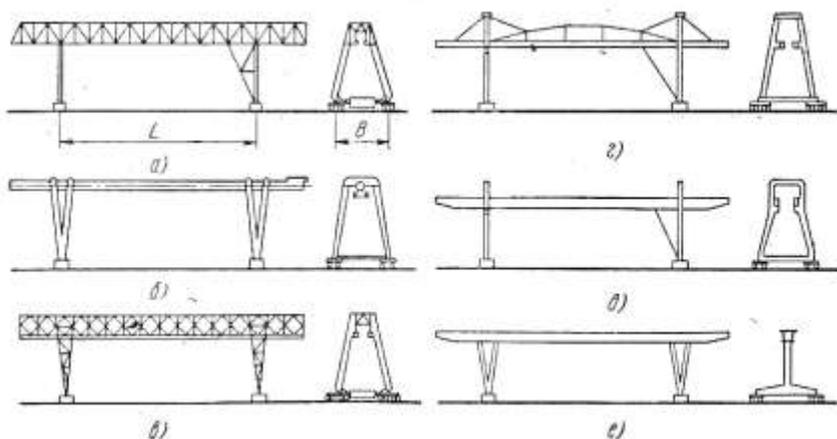


Рисунок 1 – Схемы металлоконструкций перегружателей:

- а – решетчатая; б – трубчато-балочная; в – комбинированная решетчатая;
- г – комбинированная шпренгельная; д – коробчато-балочная двухбалочная;
- е – коробчато-балочная однобалочная

Мост представляет собой пространственную конструкцию замкнутого или незамкнутого типа. Опоры перегружателя в зависимости от типа перегружателя выполняются в виде плоских или пространственных конструкций высотой 15-25 м. Опорные узлы их соединяются стяжками и прикрепляются к балансирным тележкам механизма передвижения. Стяжки используют для установки автоматических и ручных противоугольных захватов, а также для расположения на них электрооборудования.

Классификация перегружателей по типам металлоконструкций приведена на рис. 1. В зависимости от типа грейферной тележки различают металлоконструкции перегружателей:

- с ездой по низу с грейферной тележкой нормального (опорного) типа, расположенной в пределах внутренних габаритов моста, или подвесного типа,

устанавливаемой снаружи моста;

- с ездой по верху с двухконсольной грейферной тележкой опорного типа или с поворотным грейферным краном; с угловой грейферной тележкой.

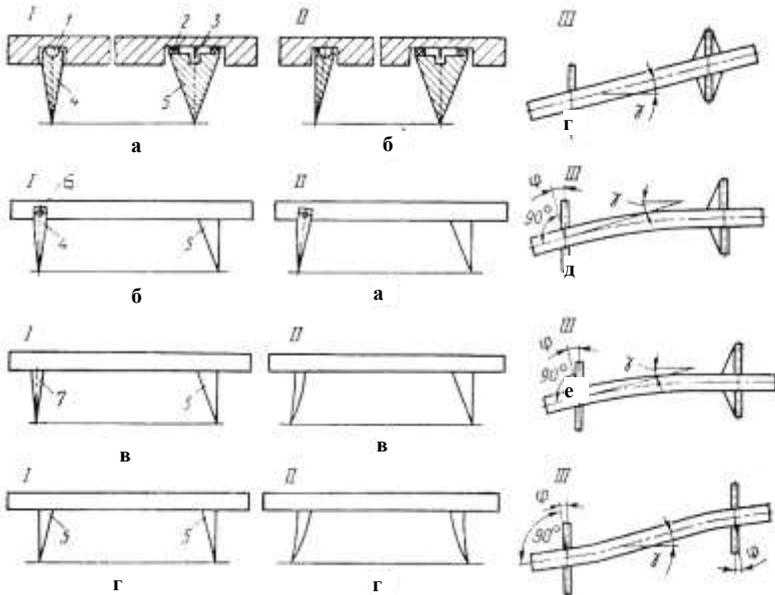


Рисунок 2 – Схемы металлоконструкций перегружателей:

*а* – с центральным приводом и жестким сопряжением моста с опорой; *б* – с подвижно-шарнирным соединением моста с опорами; *в* – с раздельным приводом и жестким сопряжением моста с опорами; *г* – жесткой системы трубчато-балочной, конструкции с опорами равной жесткости; *I* – схема перегружателя; *II*, *III* – взаимное положение моста и опор соответственно при продольной деформации моста и при перекосе (вид в плане); 1 – шаровой шарнир (линза); 2 – опорная плита (скользя); 3 – направляющий штырь (шкворень); 4 – шарнирная опора; 5 – жесткая опора; 6 – цилиндрический шарнир; 7 – гибкая опора;  $\gamma$  – максимальный угол перекоса моста;  $\varphi$  – угол закручивания опоры

По типу конструктивных схем металлоконструкции перегружателей подразделяют на решетчатые, трубчато-балочные, комбинированные и коробчато-балочные. Схемы металлоконструкций перегружателей в зависимости от типа соединения моста с опорами показаны на рис. 2.

*Металлоконструкции перегружателей с центральным приводом и жестким сопряжением моста с опорами* (рис. 2, а). В металлоконструкциях этих перегружателей мост склепывается с жесткой опорой 5, представляющей собой вертикальную плоскую сквозную раму с затяжкой, связанную подкосами с узлами главных ферм. Шарнирная опора 4, также представляющая собой вертикальную плоскую раму, сочленяется с мостом шарнирами 6.

Центральный привод, расположенный в средней части моста, позволяет уменьшить забегание опор перегружателя при его передвижении, однако из-за громоздкости в современных конструкциях перегружателей он не применяется.

*Металлоконструкции перегружателей с подвижно-шарнирным соединением моста с опорами* (рис. 2, б). Мост этой системы перегружателей опирается в четырех точках на ригель пространственной жесткой опоры 5 посредством опорных плит 2 и шарнирно соединяется с ней по оси моста вертикальным шкворнем 3. Сопряжение с шарнирной опорой 4 осуществляется через опорную линзу 1 в одной точке, расположенной по оси моста. Подобная система опирания обеспечивает поворот жесткой опоры и моста вокруг оси вертикального шкворня.

Жесткая опора представляет собой две плоские наклонные двухшарнирные рамы, соединенные системой фасадных и горизонтальных связей в пирамидальную пространственную конструкцию. Верхняя часть жесткой опоры состоит из нескольких продольных и поперечных ферм или сплошностенчатых балок, имеющих в уровнях верхнего и нижнего поясов горизонтальные связи. В местах пересечения балок ригеля с опорными узлами главных ферм располагаются четыре опорные плиты, на которые опирается мост. В центре пространственной конструкции ригеля расположен вертикальный шкворень, закрепленный в конструкциях моста и ригеля. Шарнирная опора 4 состоит из двух плоских рам, соединенных системой фасадных и поперечных связей. Поперечной балкой мост опирается на шарнирную опору через чечевицеобразную линзу в середине ригеля. Вертикальные реакции моста передаются на ригель жесткой опоры через четыре опорные точки, а на ригель шарнирной опоры – через одну. Горизонтальные реакции во всех направлениях воспринимаются шкворнем 3 на жесткой опоре и линзой 1 на шарнирной опоре. Обе опоры закрепляются на балансирных тележках механизма передвижения.

В шарнирной системе с раздельным приводом и подвижно-шарнирным сочленением моста с опорами допускается перекося моста в плане до  $10^\circ$ .

Исследованиями ЦНИИпроектстальконструкции, СКМЗ и ВНИИПТ-МАШа выявлены преимущества жесткой системы металлоконструкции перед шарнирной: выше эксплуатационная надежность, проще и легче конструкция, меньшая трудоемкость изготовления и монтажа. Однако механизм передвижения с раздельным приводом, примененный при шарнирной системе, имеет большую надежность, прост по устройству, отличается малым весом, небольшой трудоемкостью и стоимостью изготовления и монтажа, меньшими эксплуатационными расходами, более высоким КПД, чем механизмы передвижения с центральным приводом.

Выявившиеся при сравнительном исследовании положительные характеристики металлоконструкций перегружателя жесткой системы и преимущества механизма передвижения с раздельным приводом сделали целесообразным разработку новой комбинированной конструкции жесткой системы, снабженной механизмом передвижения с раздельным приводом.

*Перегружатель с раздельным приводом и жестким сопряжением моста с*

*опорами* (рис. 2, в). Обе опоры данной системы жестко соединяются с соответствующими узлами главных ферм моста. Жесткая 5 и гибкая 4 опоры представляют собой две вертикальные рамы, склепанные с опорными узлами моста на уровне нижнего пояса. Рама жесткой опоры связывается с мостом подкосом, идущим от опорного узла опоры к одному из нижних узлов главных ферм.

Передвижение перегружателя осуществляется отдельными, синхронно работающими приводами, установленными на каждой из ходовых балансирующих тележек механизма передвижения. В процессе перемещения вдоль склада одна опора может забегать относительно другой. Величина этого забега для перегружателя с пролетом 76,2 м составляет 250-300 мм. Надежность при передвижении обеспечивается системой ограничителей перекоса.

*Перегружатель жесткой системы, трубчато-балочной конструкции с опорами равной жесткости* (рис. 2, г). Особенности этой конструкции являются крупногабаритные трубчатые элементы и опоры равной жесткости 5. Цельносварная металлоконструкция состоит из двухконсольного моста, выполненного в виде сварной трубы с подвешенными к ней ездовыми балками, и двух пространственных опор треугольной формы с основными элементами из сварных труб. Последние сопрягаются с мостом коробчатыми ригелями и соединяются над тележками механизма передвижения в опорные коробки, связанные одна с другой трубчатыми стяжками. Перегружатель передвигается отдельными, синхронно работающими приводами, расположенными на каждом из четырех балансирующих агрегатов (тележек) механизма передвижения.

Забегание одной опоры относительно другой контролируется системами ограничителей перекоса. Одинаковая жесткость опор приводит к выравниванию горизонтальных поперечных нагрузок на ходовые тележки. Суммарная поперечная нагрузка на ходовую тележку в рассматриваемой системе с учетом возникающего распора не превышает подобной нагрузки в системе с одной жесткой и одной гибкой опорой. Преимуществом трубчато-балочной конструкции является возможность использования при монтаже металлоконструкций крупногабаритных заводских блоков со стыковкой их монтажной сваркой.

*Перегружатели жесткой системы комбинированной конструкции.* Конструктивная схема этого вида перегружателей во всех комбинированных конструкциях использует совместную работу нижних поясов главных ферм с ездовыми балками. Нижние пояса выполнены в виде коробчатой конструкции, воспринимающей вертикальные нагрузки и крутящий момент. Одна из модификаций этой конструкции представляет собой пространственный решетчатый мост, соединенный с двумя опорами равной жесткости. Металлоконструкция моста состоит из двух главных ферм с треугольной или ромбической решеткой, у которых нижний пояс имеет коробчатые сечения, а остальные элементы (верхний пояс, раскосы, стойки) – Н-образное, тавровое или крестовое.

Нижний пояс играет роль балки жесткости и используется для укладки подтележечных рельсов грейферной тележки. Обе главные фермы соединены

между собой системами продольных и поперечных связей. Обе опоры имеют равные жесткости, одинаковые принципиальные геометрические схемы и жестко соединяются с мостом.

Особенностью другого типа металлоконструкций является шарнирное соединение шарнирной опоры с мостом и отсутствие продольных связей по поясам шпренгеля. Металлоконструкция моста выполняется из двух главных ферм с коробчатой балкой жесткости, усиленной шпренгельной конструкцией снизу или сверху. Балка жесткости используется для укладки подтележечных рельсов.

Обе главные фермы соединяются распорками, установленными в плоскости вертикальных стоек. Продольные связи по поясам шпренгелей отсутствуют. Как жесткая, так и шарнирная опоры имеют однотипную коробчатую конструкцию. Жесткая опора соединена с мостом подкосом, шарнирная – шарниром. Перегрузатель передвигается от раздельных синхронно работающих двигателей.

**Заключение.** Описанные в статье классификационные признаки конструкций перегружателей не претендуют на полноту, универсальность и завершенность. В то же время продуктивен сам подход к применению подобного приема как составного элемента алгоритма создания расчетных моделей тяжелоагрессивных машин. В дальнейшем планируется применить предложенные подходы в формировании расчетных моделей множества конструкций исследуемых машин, оборудования и сооружений.

**Список литературы:** 1. Гусев Ю.Б. Обґрунтування параметрів високонавантажених машин на основі моделювання напружено-деформованого стану з урахуванням деградації властивостей основних елементів: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.02 / Ю.Б. Гусев; Голов. спец. конструктор.-технол. ін-т. – Мариуполь, 2009. — 20 с. 2. Гохберг М.М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин / Гохберг М.М. – М.: Машиностроение, 1976. – 455 с. 3. Лобов Н.А. Динамика передвижения кранов по рельсовому пути / Лобов Н.А. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. – 232 с. 4. Расчетные модели тяжелоагрессивных крупногабаритных машин / Ю.Б. Гусев, К.В. Чурбанов, М.М. Пеклич, О.В. Кохановская // Вестник НТУ «ХПИ». Серия «Машиноведение и САПР». – 2013. – № 23 (996). – С.84-95.

*Поступила в редакцию 30.11.2012*

623.438:539.3

**Ю.Б. ГУСЕВ**, к.т.н., гл. констр. НТК ЧАО „АзовЭлектроСталь”, Мариуполь;  
**П.В. ЧУРБАНОВ**, нач. бюро КОГКО НТК ЧАО „АзовЭлектроСталь”,  
Мариуполь;

**М.М. ПЕКЛИЧ**, зам. гл. констр. НТК ЧАО „АзовЭлектроСталь”, Мариуполь;  
**О.В. КОХАНОВСКАЯ**, н. с. каф. ТММиСАПР НТУ „ХПИ”

## **РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ КРУПНОГАБАРИТНЫХ МАШИН**

У статті описані підходи до формування розрахункових моделей важконавантажених великогабаритних машин. На прикладі перевантажувачів проілюстровані різноманітні поєднання навантажень, дії яких підлягають силові елементи цих машин у процесі експлуатації.