

Й. Г. БАРБАС, канд. техн. наук,  
П. П. БОЙКО

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна (Украина)

## МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕГРУЖАТЕЛЕЙ. НОРМАТИВНЫЕ НАГРУЗКИ. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА

*Розглянуто загальні відомості про металоконструкції мостових перевантажувачів і нормативні навантаження.*

*Рассмотрены общие сведения о металлоконструкциях мостовых перегружателей и нормативные грузы.*

*The review of metal designs of bridge faucets-unloaders is offered.*

В настоящее время в Украине остро встал вопрос гарантийного продолжения сроков эксплуатации мостовых перегружателей. Подавляющее большинство кранов эксплуатируется с 1965г. с гарантированным сроком эксплуатации в 25 лет.

Продление сроков службы мостовых перегружателей с обеспечением надежности за пределом нормативных сроков службы является важной экономической задачей. При продлении срока службы должна обеспечиваться стабильная работа мостовых перегружателей, особенно необходимая в технологическом процессе электрогенерирующих тепловых станций.

### Общие сведения

В современных конструкциях перегружателей 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.

Мост представляет собой пространственную конструкцию замкнутого или незамкнутого ти-

па.

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.

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 поверху с двухконсольной грейферной тележкой опорного типа или с поворотным грейферным краном; с угловой грейферной тележкой

По типу конструктивных схем металлоконструкции перегружателей подразделяют на решетчатые, трубчато-балочные, комбинированные и коробчато-балочные

Ниже приведено описание схем металлоконструкций перегружателей в зависимости от типа соединения моста с опорами.

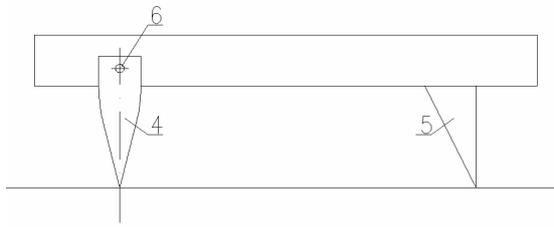
*Металлоконструкции перегружателей с центральным приводом и жестким сопряжением моста с опорами* (рис. 1). В металлоконструкциях этих перегружателей мост склепывается с жесткой опорой 5, представляющей собой вертикальную плоскую сквозную раму с затяжкой, связанную подкосами с узлами главных ферм. Шарнирная опора 4, также представляющая собой вертикальную плоскую раму, сочленяется с мостом шарнирами 6.

Центральный привод, расположенный в

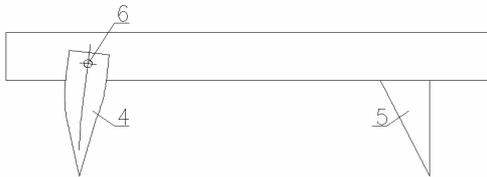
средней части моста, позволяет уменьшить забегание опор перегружателя при его передвижении.

*Металлоконструкции перегружателей с подвижно-шарнирным соединением моста с опорами* (рис. 2). 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.

а)



б)



в)

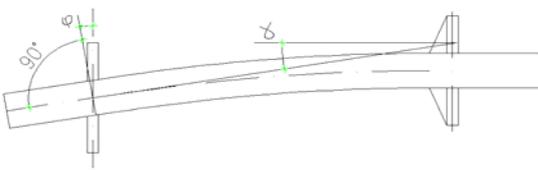
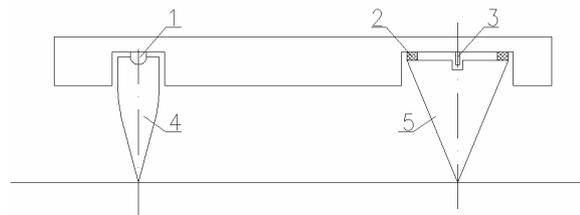


Рис. 1. Перегрузатель с центральным приводом и жестким сопряжением моста с опорами:  
а – схема перегружателя; б – взаимное положение моста и опор при продольной деформации; в – взаимное положение моста и опор при перекосе (вид в плане)

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.

а)



б)



в)

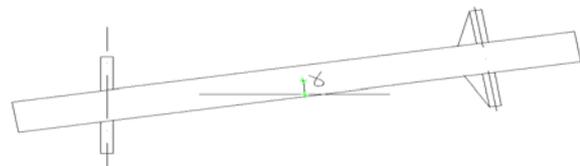


Рис. 2. Перегрузатель с подвижно-шарнирным соединением моста с опорами:

а – схема перегружателя; б – взаимное положение моста и опор при продольной деформации; в – взаимное положение моста и опор при перекосе (вид в плане)

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 отдельным приводом и подвижно-шарнирным соединением моста с опорами допускается перекос моста в плане до  $10^\circ$ .

Исследованиями ЦНИИпроектстальконструкции, СКМЗ и ВНИИПТМАШа выявлены преимущества жесткой системы металлоконструкции перед шарнирной: выше эксплуатационная надежность, проще и легче конструкция, меньшая трудоемкость изготовления и монтажа. Однако механизм передвижения с отдельным 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 к.п.д., чем механизм передвижения с центральным приводом.

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

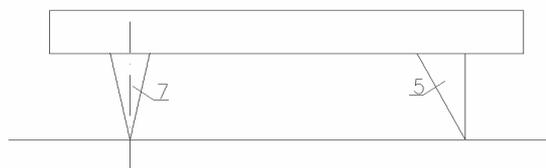
*Перегружатель с отдельным приводом и жестким сопряжением моста с опорами* (рис. 3). Обе опоры данной системы жестко соединяются с соответствующими узлами главных ферм моста. Жесткая 5 и гибкая 7 опоры представляют собой две вертикальные рамы, склепанные с опорными узлами моста на уровне нижнего пояса. 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 балансирных 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.

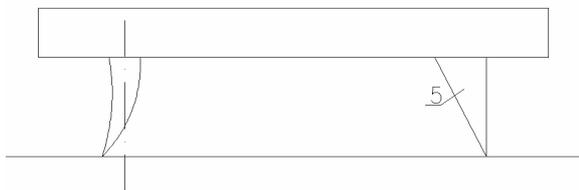
*Перегружатель жесткой системы, трубчато-балочной конструкции с опорами равной*

*жесткости (рис.4). 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 балансирных агрегатов (тележек) механизма передвижения.*

а)



б)



в)

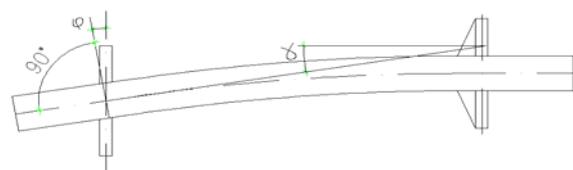
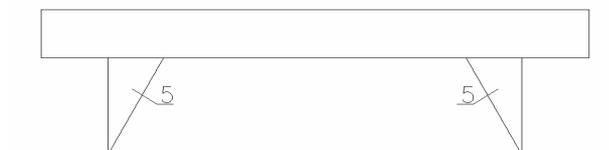


Рис. 3. Перегружатель с отдельным приводом и жестким сопряжением моста с опорами: а – схема перегружателя; б - взаимное положение моста и опор при продольной деформации; в - взаимное положение моста и опор при перекосе (вид в плане)

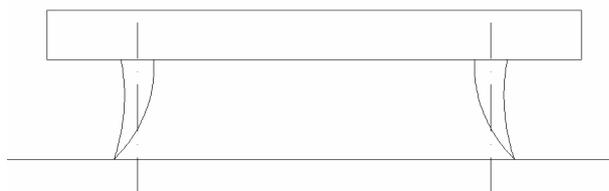
Забегание одной опоры относительно другой контролируется системами ограничителей перекоса. Одинаковая жесткость опор приводит к выравниванию горизонтальных поперечных

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.

а)



б)



в)

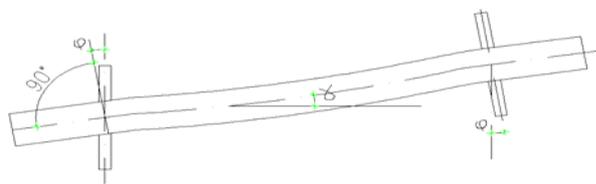


Рис. 4. Перегрузатель жесткой системы, трубчато-балочной конструкции с опорами равной жесткости: а – схема перегружателя; б - взаимное положение моста и опор при продольной деформации; в - взаимное положение моста и опор при перекосе (вид в плане)

*Перегрузатели жесткой системы комбинированной конструкции.* Во всех комбинированных конструкциях используется совместная работа 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 коробчатое сечение, 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. Опоры имеют равные жесткости, одинаковые принципиальные геометрические схемы и жестко соединяются с мостом.

Особенностью другого типа металлоконструкций является шарнирное соединение 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 отдельных синхронно работающих двигателей.

### Основные случаи нагружения

Перегрузатели, как правило, входят в состав оборудования, обеспечивающего непрерывный технологический процесс погрузочно-разгрузочных операций, поэтому к ним предъявляются высокие требования с точки зрения прочности и надежности. Механизмы перегружателей рассчитывают с учетом режима работы механизмов. Расчет металлоконструкций производят с учетом режима работы перегружателей в целом.

В соответствии с методикой, разработанной во ВНИИПТМАШе, внешние нагрузки, действующие на кран (в нашем случае на перегружатель), определяют для двух состояний: рабочего и нерабочего. При этом под нерабочим понимается такое состояние, когда перегружатель не работает из-за ветра большой силы, сейсмических нагрузок и находится в исправном (рабочем) состоянии. Нагрузки нерабочего состояния могут также действовать на перегружатель, когда он находится в ремонте.

Расчет производят, когда на перегружатель в рабочем состоянии действуют нормальные нагрузки (вариант А) и максимальные нагрузки (вариант Б). При нерабочем состоянии рассчитывают перегружатель, когда на него действуют максимальные нагрузки нерабочего состояния (вариант В).

Нагрузки, действующие на металлоконструкции перегружателей, разделяются на постоянные, временные и особые. К постоянным относятся нагрузки, сохраняющие свое значение в течение всего эксплуатационного периода (вес металлоконструкции, предварительное напряжение конструкции). К временным относятся нагрузки, изменяющие свое значение в различные периоды эксплуатации (вес материала в перегрузочных устройствах; нагрузки при передвижении грейферной тележки; нагрузки на обслуживающие площадки от веса людей, ремонтных материалов, деталей; нагрузки при передвижении перегружателя; инерционные и перекосные нагрузки; ветровые нагрузки; вес обледенения конструкций; температурные воздействия; нагрузки, возникающие при перевозке, монтаже или реконструкции). К особым относятся нагрузки, возникающие редко, чаще в аварийных ситуациях (сейсмические воздействия; нагрузки при ударе грейферной тележки или крана о бугер; перекосные нагрузки при аварийном перекосе перегружателя).

*Весовые нагрузки металлоконструкций.* Масса перегружателя, в том числе и металлоконструкций, в значительной степени зависит от его конструктивной схемы. С применением жесткой системы вместо шарнирной масса перегружателя уменьшается на 14%, при этом масса металлоконструкций снижается на 26%.

Для предварительных эскизных подсчетов массу металлоконструкций с достаточной степенью точности можно определять, используя существующие аналогии и графики массы. При этом масса в процентах по отдельным узлам распределяется так: мост — 80 (70); жесткая опора — 10 (15); гибкая опора — 7 (12); лестницы и площадки — 3. Первые цифры относятся к перегружателям жесткой системы с решетчатой конструкцией, цифры в скобках — к перегружателям трубчато-балочной конструкции.

Более точным является способ подсчета массы с помощью коэффициента

$$\mu = \frac{G}{G_T},$$

где:  $G$  — действительная масса конструкции;  $G_T$  — теоретическая масса конструкции;

$$G_T = \sum_{i=1}^n F \ell \gamma,$$

где:  $n$  — число элементов конструкции;  $F$  — площадь сечения элемента;  $\ell$  — длина элемента;  $\gamma$  — объемная масса материала.

В этом случае на основании вычисленных усилий подбирают сечения элементов конструкции и рассчитывают их площади.

Фактическая масса конструкции, как правило, несколько (до 5%) превышает проектную в результате замены сортамента, дополнительных технологических деталей и плюсовых допусков на размеры прокатной стали. Это превышение массы при расчете по предельным состояниям учитывается коэффициентом перегрузки  $n$ .

*Воздействия грейферной тележки.* Давление от массы металлоконструкций грейферной тележки, оборудования и груза передается на подтележечный рельс через ходовые колеса.

Динамическое воздействие грейферной тележки (с грузом или без него) на металлоконструкцию учитывается динамическим коэффициентом  $\psi$ . Так, для металлоконструкций моста и опор  $\psi=1,2$ , для металлоконструкций ездовых балок и элементов их креплений к мосту крана  $\psi=1,5$ . Приведенные значения динамических коэффициентов распространяются на полную массу грейферной тележки с грузом.

Горизонтальные продольные нагрузки  $T$ , возникающие при передвижении грейферной тележки в период пуска и торможения, принимаются равными 0,1 суммы давления  $P$  всех ее ходовых колес и приложены на уровне головки подтележечных рельсов.

Горизонтальные поперечные нагрузки  $H$ , возникающие вследствие конусности поверхностей ходовых колес грейферной тележки, исчисляются как 0,1 величины давления  $P$  на колесо и приложены на уровне головки подтележечных рельсов.

В результате ударов ходовых колес о выступающие части подтележечных рельсов на стыках, неплотного закрепления рельсов, а также боковой инерции тележки при больших скоростях передвижения возникают боковые силы (боковые удары). Величины этих сил принимаются равными 0,1 вертикального давления на ходовое колесо. Эти силы приложены поперек рельса на уровне его головки.

*Нагрузки, возникающие при передвижении перегружателя.* При передвижении перегружателя в периоды пуска и торможения, а также

вследствие толчков и ударов возникают инерционные силы

$$H_i = \frac{(G_M + G_O + G_T)g_n}{gt_T},$$

где:  $G_M$  – вес металлоконструкций;  $G_O$  – вес оборудования;  $G_T$  – вес тележки;  $g_n$  – установленная номинальная скорость передвижения перегружателя;  $t_T$  – время разгона (торможения) перегружателя.

Инерционные силы от веса металлоконструкций и оборудования приложены в центрах тяжести соответствующих узлов, а от веса грейферной тележки – на уровне головки рельсов подтележечных путей.

Подкрановые пути обычно имеют неровности, перепады в стыках, уклоны и другие дефекты, вызывающие вертикальные динамические воздействия от весовых нагрузок. Подобные дополнительные нагрузки от веса металлоконструкций, оборудования и грейферной тележки учитываются коэффициентом толчков  $k_T$ .

Во время движения перегружателя одна из опор стремится опередить другую, вызывая тем самым перекося конструкции. Для ориентировочных расчетов перекося нагрузка  $H_S$ , действующая на металлоконструкцию, может быть принята равной 5...20 кг на тонну веса перегружателя в зависимости от конструктивной схемы, пролета, высоты, жесткости опор, качества укладки подкрановых путей и состояния узлов механизмов передвижения (балансиров, ходовых колес и т.п.).

Воздействие перекосящих нагрузок принято учитывать смещением одной опоры относительно другой. Перекосящая деформация в рабочем состоянии принимается равной 0,3...0,8% величины пролета. Металлоконструкции рассчитывают при максимальной перекосящей деформации (при пролете 76,2 м она составляет 600 мм).

*Ветровые нагрузки.* При расчете металлоконструкций перегружателей нормативная ветровая нагрузка принимается равномерно распределенной. Наветренную площадь, элементов перегружателя можно определить как произведение теоретической площади и коэффициента заполнения. При этом теоретическую площадь вычисляют по осевым геометрическим размерам, а коэффициент заполнения принимают равным 0,4...0,6 для решетчатых конструкций и 1 – для сплошностенчатых.

Ветровые нагрузки, действующие на перегружатель, существенно влияют на общее со-

противление передвижению перегружателя и тележки, распределение давлений на ходовые колеса перегружателя и элементы металлоконструкций, устойчивость перегружателя, а также на число и мощность противоугольных устройств.

Воздействие ветра на конструкции перегружателей учитывается при расчете механизмов передвижения перегружателя и тележки, механизма поворота стрелового крана у перегружателей с ездой по верху, устойчивости перегружателя, а также при расчете и конструировании устройств, предотвращающих угон перегружателя ветром большой силы, при расчете металлоконструкций перегружателя и расчете на прочность деталей механизма передвижения (колес, осей и др.).

Ветровая нагрузка на краны (перегружатели) создается давлением ветра на наветренную площадь перегружателя, тележки и груза (грейфера) и зависит от наветренной площади, скорости ветра, пульсации этой скорости и формы сечения элементов крана, обтекаемых воздухом.

Скорость ветра изменяется во времени и характеризуется определенным рассеиванием (дисперсией) относительно своего среднего значения. Соответственно этому давление ветра (ветровой напор) можно представить в виде двух составляющих: постоянной составляющей  $q_0$ , величина которой практически не изменяется в течение некоторого промежутка времени; и случайной, переменной составляющей, значение которой определяется пульсацией, порывами ветра за это же время.

Порывы ветра, то есть быстрое изменение скорости ветра во времени, создают определенные динамические нагрузки на элементы конструкции перегружателя. Ветровая нагрузка, действующая на элементы перегружателя при одной и той же скорости ветра, зависит от формы сечения этих элементов, их аэродинамического сопротивления: чем более обтекаемую форму имеет сечение элемента, тем меньше нагрузка. ГОСТ 1451-65 «Краны подъемные. Нагрузка ветровая» учитывает все основные факторы, определяющие ветровые нагрузки.

Распределенная ветровая нагрузка  $\omega$  на наветренную поверхность конструкции крана в  $\text{кН/м}^2$

$$\omega = q_0 n c \gamma \beta,$$

где  $q_0$  — скоростной напор ветра на высоте до 10 м над поверхностью земли в  $\text{кгс/м}^2$ ;  $n$  – поправочный коэффициент на возрастание скоро-

стного напора в зависимости от высоты над поверхностью земли (воды);  $c$  – аэродинамический коэффициент;  $\gamma$  – коэффициент перегрузки;  $\beta$  – коэффициент, учитывающий динамическое воздействие, вызываемое пульсациями скоростного напора ветра.

При малых и средних скоростях и скоростном напоре перегружатель должен (может) работать, преодолевая сопротивление ветра; при ветре большой силы перегружатель должен быть остановлен и застопорен, так как значительные ветровые нагрузки создают опасность угона или опрокидывания перегружателя.

Принято различать ветровые нагрузки рабочего состояния (рабочих ситуаций) и ветровые нагрузки нерабочего состояния (нерабочих ситуаций). При этом имеются в виду только нерабочие ситуации, создаваемые действием ветра большой силы, в то время как перегружатель находится в рабочем состоянии (кроме ситуации действия ветра большой силы на перегружатель, находящийся в ремонте).

Поправочный коэффициент  $n$  на возрастание скоростного напора ветра зависит от высоты элементов или зоны крана над поверхностью земли.

Аэродинамический коэффициент  $c$  подробно регламентируется ГОСТ 1451-65. Значения его находятся в пределах 0,35...2,6.

По отношению к поверхности земли (нулевой отметке) перегружатели могут быть установлены различно: на поверхности земли или на отметке, близкой к нулевой (перегружатели, работающие на теплоэлектростанциях); на эстакадах или других сооружениях, поднятых над уровнем земли, (рудные перегружатели, перегружатели морских портов). В последнем случае при определении скоростного напора ветра, на уровне головки рельса необходимо учитывать зависимость этого напора от высоты над уровнем земли (воды).

Значения коэффициента перегрузки  $\gamma$  зависят от метода расчета крановых конструкций. Так, при расчете по методу предельных состояний  $\gamma = 1,1$ ; при расчете по методу допустимых напряжений  $\gamma = 1,0$ .

Ветровая нагрузка на  $i$ -й элемент конструкции перегружателя:

$$W_n = \omega_i F_i,$$

где  $\omega_i$  — распределенная ветровая нагрузка на  $1 \text{ м}^2$   $i$ -го элемента;  $F_i$  — расчетная наветренная площадь  $i$ -го элемента.

Ветровая нагрузка, действующая на перегружатель (кран):

$$W_n = \sum_{i=1}^n \omega_{\text{э}i} F_i,$$

где:  $n$  — число элементов перегружателя, находящихся под воздействием ветровой нагрузки.

*Температурные нагрузки.* Воздействие колебаний температуры принимается одинаковым для всех частей металлоконструкций независимо от их географической ориентации при температурном перепаде  $70^\circ\text{C}$  и коэффициенте линейного расширения  $\alpha_t = 0,000012$ . Температурные нагрузки учитываются только для систем, статически неопределимых (рамных схем).

*Особые нагрузки.* К категории особых нагрузок относятся воздействия, связанные чаще всего с временной неисправностью или отказом систем ограничения, а также сейсмические нагрузки.

При неисправности конечных выключателей передвижения грейферной тележки последняя может удариться о буфера, расположенные в торцах моста. Горизонтальная продольная сила, возникающая во время такого удара о прижимной буфер, при условии поглощения всей кинетической энергии удара буфером:

$$T_0 = \frac{(G_T + Q) \vartheta_{T,y}^2}{ga},$$

где:  $\vartheta_{T,y}$  - скорость передвижения грейферной тележки в момент удара, равная 50% рабочей скорости;  $a$  – ход поршня.

*Сейсмические нагрузки.* При установке перегружателей в районах, подверженных землетрясениям, необходимо учитывать сейсмические нагрузки. Расчетными считают нагрузки, возникающие при землетрясениях 7, 8 и 9 баллов. Горизонтальная сейсмическая нагрузка, действующая на конструкции перегружателя, рассматриваемого как неподвижное сооружение:

$$P_c = G_{n.об} \beta \eta_K k_c,$$

где  $G_{n.об}$  – общий вес перегружателя;  $\beta$  – коэффициент динамичности;  $\eta_K$  – коэффициент, зависящий от места приложения нагрузки. Для систем с одной степенью свободы  $\eta_K = 1$ ;  $k_c$  – коэффициент сейсмичности, равный 0,025; 0,06 и 0,1 при сейсмичности соответственно 7, 8 и 9 баллов.

Общий вес перегружателя принимается сосредоточенным в средней части моста. Коэффициент динамичности зависит от периода

собственных колебаний конструкции перегружателя и декремента затухания этих колебаний.

При расчете металлоконструкций перегружателей рассматривают следующие эксплуатационные состояния перегружателя:

1) рабочее состояние «подъем и перемещение груза». При этом грейферная тележка поднимает груз и перемещается с грузом вдоль крана; перегружатель находится в неподвижном состоянии, грейферная тележка располагается в пределах пролета либо в крайних положениях на консолях;

2) рабочее состояние «передвижение крана». При этом перегружатель передвигается, грейферная тележка без груза располагается в пределах пролета или на опорах;

3) нерабочее состояние. Перегружатель застопорен, грейферная тележка без груза располагается над одной из опор.

Действие указанных нагрузок учитывается в соответствии с табл. 14 [3]. При расчете металлоконструкций с учетом дополнительных и особых сочетаний нагрузок расчетные нагрузки (или соответствующие им усилия в конструкции) следует умножать на коэффициент сочетаний  $K_c$ , значение которого также приведено в табл. 14. Расчетные нагрузки определяются как произведение нормативной нагрузки (или соответствующего ей усилия) и коэффициента перегрузки  $n$ .

### Выводы

Практика показала, что наиболее часто выходящим из строя элементом мостового перегружателя является подтележечная балка (особенно балки кранов находящихся за пределами

гарантийных сроков эксплуатации).

Современные методы математического моделирования крановых конструкций с использованием различных программных продуктов таких как: Structure CAD, Лира, Robot, ANSYS и т.д. позволяют создать модель системы „крановая тележка – подкрановая балка” с учетом всех вышеизложенных нормативных нагрузок, а также с учетом таких факторов, влияющих на долговечность, как коррозия, усталость металла и т.п.

Данная модель, выполненная с применением программно-вычислительного комплекса SCAD for WINDOWS, позволяет определить точное напряженно-деформированное состояние, максимально приближенное к реальному, что в свою очередь позволит выдать практические рекомендации по наиболее рациональному методу усиления подкрановых балок.

Подробное описание модели системы, особенности моделирования, полученные усилия и напряжения в элементах модели, а также экспериментальная проверка полученных данных будет изложена в последующих публикациях.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беглов Б.В., Кох П.И., Онищенко В.Н., Окулов Д.П. Мостовые перегружатели. – М.: Машиностроение, 1974 – 224 с.
2. Мельников Н.П. Металлические конструкции. – М.: Стройиздат, 1983 – 543 с.
3. Справочник по кранам. Том 1, 2 / Сост. М.М. Гохберг. – Л.: Машиностроение, 1988.
4. РТМ 24.090.62-80 «Нормы проектирования стальных конструкций мостовых перегружателей и козловых кранов большой грузоподъемности».