

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.

Ключові слова: важконавантажена машина, напружено-деформований стан, розрахункова модель, перевантажувач

© Ю.Б. Гусев, П.В. Чурбанов, М.М. Пеклич, О.В. Кохановская, 2013

В статье описаны подходы к формированию расчетных моделей тяжело нагруженных крупногабаритных машин. На примере перегружателей проиллюстрированы разнообразные сочетания нагрузок, действия которых подвергаются силовые элементы этих машин в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: тяжело нагруженная машина, напряженно-деформированное состояние, расчетная модель, перегружатель

In the paper some approaches are described for forming of calculation models of high loaded big-volume machines. On the example of loaders various combinations of loading the actions of that undergo power elements of these machines in the process of exploitation are illustrated.

Keywords: high loaded machine, stressed-deformed state, calculation model, loader

Введение. Современные тяжело нагруженные крупногабаритные машины, оборудование и сооружения (подъемно-транспортное оборудование, перегружатели, отвалообразователи, оборудование металлургического производства, конвейеры, емкости для хранения зерна и нефтепродуктов и т. п.) предназначены для эксплуатации в сложных условиях. Кроме значительных эксплуатационных усилий, данные машины, оборудование и сооружения подвергаются также действию химически агрессивных сред, абразивного материала, ветрового, снегового и дождевого влияния, обледенения. Соответственно, необходимо учитывать влияние этих факторов на нагрузочную способность, работоспособность, надежность и долговечность проектируемых и исследуемых объектов. С этой целью на этапе определения напряженно-деформированного состояния (НДС) необходимо учесть все существенные факторы, а для этого данные факторы должны быть учтены при формировании расчетных схем.

Некоторые вопросы формирования расчетных схем крупногабаритных машин на примере перегружателей освещены в диссертационной работе [1]. Многие аспекты данной проблемы освещены в монографиях [2, 3], а также в статьях [4-9]. Однако полного решения задача создания достаточно корректного подхода к формированию расчетных моделей крупногабаритных конструкций еще не получила. В силу этого актуальной задачей является разработка новых системных подходов к формированию таких моделей. В данной статье решение данной задачи без

Таблица 1 – Режимы работ механизмов перегружателя

Механизм	Режим работы		
	Л	Т	ВТ
Подъема и замыкания грейфера	-	-	+
Передвижения грейферной тележки	-	-	+
Поворота стрелового крана	-	+	-
Изменения вылета стрелы крана	-	+	-
Передвижения стрелового крана	+*	-	+
Передвижения перегружателя	+	-	-
Противоугольных устройств	+	-	-

* Режим «Л» для поворотных стреловых кранов перегружателей со встроенными конвейерами

снижения общности продемонстрировано на примере перегружателей.

Основные случаи нагружения. Перегружатели, как правило, входят в состав оборудования, обеспечивающего непрерывный технологический процесс погрузочно-разгрузочных операций, поэтому к ним предъявляются высокие требования с точки зрения проч-

ности и надежности. При проектировании перегружателей следует руководствоваться Правилами Госнадзорхрантруда Украины.

Механизмы перегружателей рассчитывают с учетом режима работы механизмов (табл. 1). Расчет металлоконструкций производят с учетом режима работы перегружателей в целом («Л» – легкий; «Т» – тяжелый; «ВТ» – весьма тяжелый).

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, но 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). Параметры, учитываемые при расчетах перегружателей, приведены в табл. 2.

Нагрузки. 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 элементов 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 персонала рабочих, ремонтных материалов, деталей; нагрузки при передвижении перегружателя; инерционные и перекосные нагрузки; ветровые нагрузки; вес обледенения конструкций; темпера-

Таблица 2 – Параметры для расчета перегружателей

Нагрузки	Расчет на выносливость и прочность при основных нагрузках	Расчет на прочность при нагрузках			
		основных и дополнительных	основных, дополнительных и случайных	основных	основных и случайных
	А	Б	Б	В	В
Вес конструкции	+	+	+	+	+
Номинальный груз	+	+	+	-	-
Сила инерции при нормальной работе	+	-	-	-	-
Ветровая нагрузка по ГОСТ 1451-65	-	+	+	+	-
Эквивалентная ветровая нагрузка	+*	-	-		
Нагрузка, возникающая от уклона пути	+	+	+	+	
Ударная нагрузка	-	-	+	-	-
Ураганный ветер	-	-	-		+
Сейсмическая нагрузка	-	-	-	-	+

* При расчете на выносливость назначать равной 3 кгс/м²

турные 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 буфер; 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 %.

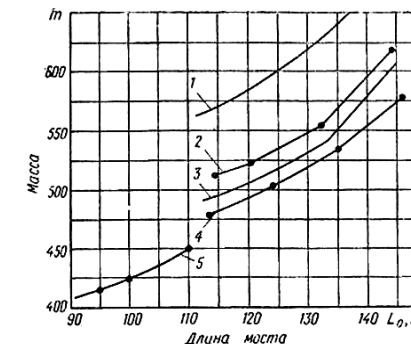


Рисунок 1 – Зависимость массы металлоконструкций перегружателей от типов перегружателей и длины их мостов:

1 - L = 76,2 м, грузоподъемность 30 т, шарнирной системы, решетчатой конструкции, $G_T = 150$ т, сталь класса С 38/24; 2 - L = 76,2 м, грузоподъемность 32 т, жесткой системы, трубчато-балочной конструкции, $G_T = 134$ т, сталь класса С 46/33; 3 - L = 76,2 м, грузоподъемность 32 т, жесткой системы, трубчато-балочной конструкции, $G_T = 125$ т, сталь класса С 46/33; 4 - L = 76,2 м, грузоподъемность 30 т, жесткой системы, решетчатой конструкции, $G_T = 146$ т, сталь класса С 46/33; 5 - L = 60 м, грузоподъемность 15 т, шарнирной системы, решетчатой конструкции, $G_T = 77$ т, сталь класса С 38/24

Зависимость массы металлоконструкций перегружателей от типов перегружателей и длины их мостов показана на рис. 1.

Для предварительных эскизных подсчетов массу металлоконструкций с достаточной степенью точности можно определять, используя существующие аналогии и графики, изображенные на рис. 1. При этом масса в % 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 $\mu = G / G_m$, где G – действительная масса конструкции; $G_m = \sum_{i=1}^n Fl\gamma$ – теоретическая масса конструкции; n – число элементов конструкции; F – площадь сечения элемента; l – длина элемента; γ – 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 превышает

ние 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 (рис. 2, а).

Динамическое воздействие грейферной тележки (с грузом или без него) на металлоконструкции учитывается динамическим коэффициентом ϕ . Так, для металлоконструкций моста и опор $\phi = 1,2$, для металлоконструкций ездовых балок и элементов их креплений к мосту крана $\phi = 1,5$. 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 (см. рис. 2, б). 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 (рис. 2, в). 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

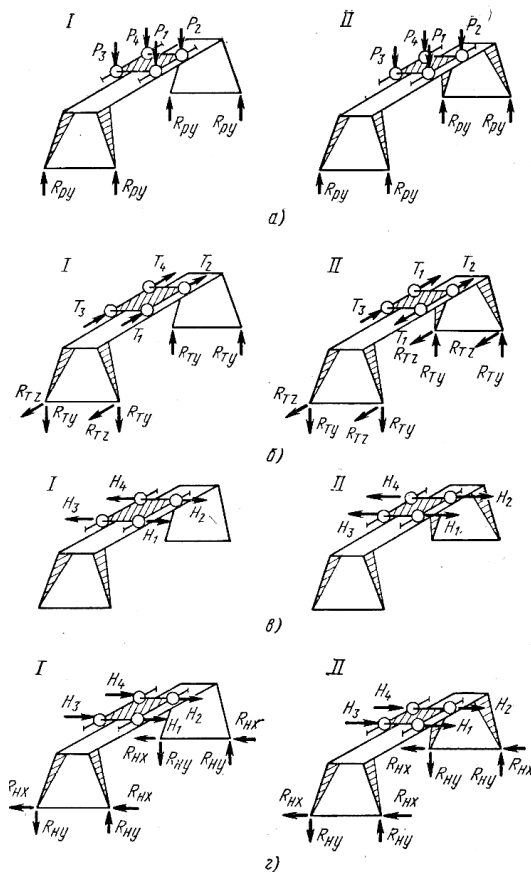


Рисунок 2 – Схемы моста перегружателя при действии:
а - массы грейферной тележки и груза;
б - продольных нагрузок; в - поперечных нагрузок (при распоре); г - поперечных нагрузок (боковых ударов); I – жесткая и гибкая опоры; II – опоры равной жесткости

колесо. Эти силы приложены поперек рельса на уровне его головки (рис. 2, г).

Нагрузки, возникающие при передвижении перегружателя. При передвижении перегружателя в периоды пуска и торможения, а также вследствие толчков и ударов возникают инерционные силы $H_i = (G_m + G_0 + G_m)v_n / gt_m$.

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_r (табл. 3).

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.). Схемы нагрузок, действующих на металлоконструкцию, показаны на рис. 3.

Таблица 3 – Коэффициент толчков k_r

Стыки рельсов	Скорость передвижения, м/мин			
	Менее 60	60-90	91-150	Более 150
Болтовые	1,0	1,1	1,2	1,3
Сварные	1,0	1,05	1,1	1,15

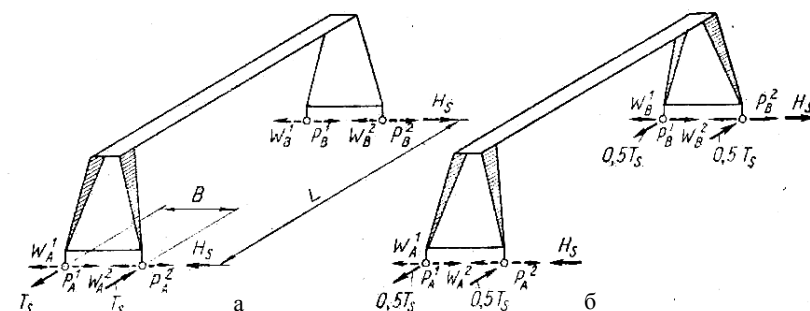


Рисунок 3 – Схемы нагрузок, действующих при перекосах:
а - перегружатель с жесткой и гибкой опорами;
б - перегружатель с опорami равной жесткости;
 W_A, W_B – суммарные силы сопротивления передвижению опор перегружателя;
 P_A, P_B – тяговые силы двигателей; H_s – нагрузка, возникающая при перекосах;
 T_s – боковая нагрузка

Воздействие перекосящих нагрузок принято учитывать смещением одной оп-

ры относительно другой. Перекосная деформация в рабочем состоянии принимается равной 0,3-0,8% величины пролета. металлоконструкции рассчитывают при максимальной перекосной деформации (при пролете 76,2 м она составляет 600 мм).

Ветровые нагрузки. При расчете металлоконструкций перегружателей нормативная ветровая нагрузка принимается равномерно распределенной, интенсивность которой определяется в соответствии с известными методиками. Навстреленную 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.

Температурные нагрузки. Воздействие колебаний температуры принимается одинаковым для всех частей металлоконструкций независимо от их географической ориентации при температурном перепаде 70°C и коэффициенте линейного расширения $\alpha_1 = 0,000012$. 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.

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, $-T_0 = (G_m + Q)v_{m,y}^2 / ga$, где $v_{m,y}$ – скорость передвижения грейферной тележки в момент удара, равная 50% рабочей скорости; a – ход поршня. При гидравлическом буфере сила удара вдвое меньше.

При неисправности ограничителей перекоса возможен выход мостового перегружателя на буферные упоры в конце склада или наезд на соседний перегружатель. В этом случае горизонтальная поперечная нагрузка, возникающая при внезапной остановке перегружателя, определяется как $H_0 = (G_m + G_0 + G_m)v_{n,y}^2 / ga$, где $v_{n,y}$ – скорость передвижения перегружателя в момент удара, равная 50% рабочей скорости передвижения. При этом перекоса перегружателя принимается равным 1,2% величины пролета и при пролете 76,2 м составляет 1000 мм.

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;

Таблица 4 – Коэффициент перегрузки

Нагрузка		n
Вес	металлоконструкций	1,1 (0,9)
	материала в воронках и бункерах	1,5
	механического и электрического оборудования	1,2
	тележки с грузом	1,3
Горизонтальная сила	от веса груза при отклонении грузовых канатов	1,2
	продольная и поперечная при передвижении грузовой тележки	1,2
	инерционная при передвижении крана	1,2
	при перекосе крана	1,2
Ветро-вая	рабочего состояния	1,0
	нерабочего состояния	1,1
Температурная		1,1
Временная на обслуживающие площадки		1,4

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. 4-7. При расчете металлоконструкций с учетом дополнительных и особых сочетаний нагрузок расчетные нагрузки (или соответствующие им усилия в конструкции, см. табл. 5-7)

следует умножать на коэффициент сочетаний k_c , значение которого также приведено в табл. 4. Расчетные нагрузки определяются как произведение нормативной нагрузки (или соответствующего ей усилия) и коэффициента перегрузки n .

Таблица 5 – Расчетное сочетание нагрузок (подъем и перемещение груза)

Нагрузка		Рабочее состояние					
		Основное		Дополнительное		Особое	
		На-грузка	k_c	На-грузка	k_c	На-грузка	k_c
Вес	металлоконструкций G_m	G_m	1	G_m	1	G_m	1
	перегрузочных воронок и приемных бункеров ¹ G_n	G_n	1	G_n	1	G_n	1
	механического и электрооборудования G_0	G_0	1	G_0	1	G_0	1
	грейферной тележки G_r	ψG_r	1	ψG_r	1	ψG_r	1
	груза Q	ψQ	1	ψQ	1	ψQ	1
Горизонтальная сила при передвижении	грейферной тележки с грузом, продольная ² T	T	1	T	0,9	–	–
	грейферной тележки с грузом, поперечная ² H	H	1	H	0,9	–	–
	перегружателя, инерционная H_i	–	–	–	–	–	–
При перекосе S_n		–	–	–	–	–	–

Окончание табл. 5

Нагрузка		Рабочее состояние					
		Основное		Дополнительное		Особое	
		На- грузка	k_c	На- грузка	k_c	На- грузка	k_c
Ветро- вая	рабочего состояния W_p	–	–	W_p	0,9	W_p	0,9
	нерабочего состояния W_n	–	–	–	–	–	–
Обледенение		–	–	+	0,9	+	0,8
Температурная t^0		–	–	t^0	0,9	t^0	0,8
Горизон- тальная сила	продольная, при ударе грейферной тележки о буфер T_0	–	–	–	–	T_0	0,8
	поперечная, при внезапной остановке крана H_0	–	–	–	–	–	–
При аварийном перекосе S_0		–	–	–	–	–	–
Временная на обслуживающие площадки³		+	1	–	–	–	–

¹ Во всех расчетных сочетаниях разгружающие действия нагрузок не учитываются. ² Совместно не учитываются. ³ Учитывается только при расчете площадок; в сочетании с другими нагрузками не учитывается.

Таблица 6 – Расчетное сочетание нагрузок (передвижение крана)

Нагрузка		Рабочее состояние					
		Основное		Дополнительное		Особое	
		На- грузка	k_c	На- грузка	k_c	На- грузка	k_c
Вес	металлоконструкций G_m	$k_T G_m$	1	$k_T G_m$	1	$k_T G_m$	1
	перегрузочных воронок и приемных бункеров ¹ G_n	$k_T G_n$	1	$k_T G_n$	1	$k_T G_n$	1
	механического и электрооборудования G_o	$k_T G_o$	1	$k_T G_o$	1	$k_T G_o$	1
	грейферной тележки G_T	$k_T G_T$	1	$k_T G_T$	1	$k_T G_T$	1
	груза Q	–	–	–	–	–	–
Горизон- тальная си- ла при пере- движении	грейферной тележки с грузом, продольная ² T	–	–	–	–	–	–
	грейферной тележки с грузом, поперечная ² H	–	–	–	–	–	–
	перегрузателя, инерционная H_i	H_i	1	H_i	0,9	–	–
При перекосе S_n		–	–	–	S_n	0,9	–
Ветро- вая	рабочего состояния W_p	–	–	W_p	0,9	W_p	0,8
	нерабочего состояния W_n	–	–	–	–	–	–
Обледенение		–	–	–	+	0,9	+
Температурная t^0		–	–	–	t^0	0,9	t^0
Горизон- тальная сила	продольная, при ударе грейферной тележки о буфер T_0	–	–	–	–	–	–
	поперечная, при внезапной остановке крана H_0	–	–	–	–	H_0	0,8
При аварийном перекосе S_0		–	–	–	–	–	S_0
Временная на обслуживающие площадки³		+	–	–	–	–	–

¹ Во всех расчетных сочетаниях разгружающие действия нагрузок не учитываются. ² Совместно не учитываются. ³ Учитывается только при расчете площадок; в сочетании с другими нагрузками не учитывается.

Таблица 7 – Расчетное сочетание нагрузок

Нагрузка		Нерабочее состояние	
		Дополнительное	
		Нагрузка	k_c
Вес	металлоконструкций G_m	G_m	1
	перегрузочных воронок и приемных бункеров ¹ G_n	G_n	1
	механического и электрооборудования G_o	G_o	1
	грейферной тележки G_T	G_T	1
	груза Q	–	–
Горизонтальная сила при передвижении	грейферной тележки с грузом, продольная ² T	–	–
	грейферной тележки с грузом, поперечная ² H	–	–
	перегрузателя, инерционная H_i	–	–
При перекосе S_n		S_n	0,9
Ветровая	рабочего состояния W_p	–	–
	нерабочего состояния W_n	W_n	0,9
Обледенение		+	0,9
Температурная t^0		t^0	0,9
Горизонтальная сила	продольная, при ударе грейферной тележки о буфер T_0	–	–
	поперечная, при внезапной остановке крана H_0	–	–
При аварийном перекосе S_0		–	–
Временная на обслуживающие площадки³		–	–

¹ Во всех расчетных сочетаниях разгружающие действия нагрузок не учитываются. ² Совместно не учитываются. ³ Учитывается только при расчете площадок; в сочетании с другими нагрузками не учитывается.

Производительность. Производительность перегружателя зависит не только от его основных параметров (грузоподъемности, скорости), но и от конструктивных особенностей, технологической схемы работы и других факторов. Основными видами операций для большинства перегружателей являются погрузка и выгрузка материала, причем производительность при погрузке и выгрузке может быть неодинаковой. Это определяется назначением перегружателя (местом установки), технологической схемой складского хозяйства и другими причинами.

Часовая производительность перегружателя в т/ч $A = G_m n_y K_3$, где G_m – расчетный вес материала в грейфере, равный $(0,4 \dots 0,6)Q$; n_y – число циклов в час при непрерывной работе (при отсутствии простоев транспортных средств, неисправности перегружателя и т. п.); K_3 – коэффициент заполнения грейфера материалом, равный $0,8 \dots 1,0$. Число циклов в час $n_y = 3600/T$ при продолжительности цикла T . Продолжительность цикла в с $T = K_c \sum_{i=1}^n t_i$, где $t_i = S_i / v_i + 0,5(t_{ip} + t_{im})$ – время, затрачиваемое на i -е движение механизмов перегружателя; S_i и v_i – i -е путь и скорость установившегося

движения; t_{ip} , t_{in} – i -е время неустановившегося движения (пуск и торможение). Для предварительных расчетов можно принять $0,5(t_{ip} + t_{in}) = 3 + 5$ с; K_c – коэффициент, учитывающий возможность совмещения отдельных движений в течение цикла. Возможность такого совмещения определяется в каждом конкретном случае по графикам циклов. Для предварительных расчетов можно назначать $K_c = 0,8 \div 1,0$.

Для примера приводится расчет производительности перегружателя с грейферной тележкой (рис. 4) при погрузке на склад.

При погрузке угля на склад механизмами перегружателя производится:

1) опускание грейфера на материал в траншею; время опускания в с $t_1 = h / v_c + 3$, где h – высота от центра тяжести сечения штабеля материала в траншее до крайнего верхнего положения грейфера в м; v_c – скорость опускания грейфера в м/с;

2) зачерпывание материала грейфером; время зачерпывания t_2 в предварительных расчетах принимается равным 6-12 с;

3) подъем грейфера; время подъема в с $t_3 = h / v_{nd} + 3$, где v_{nd} – скорость подъема грейфера в м/с;

4) передвижение грейферной тележки; время передвижения в с $t_4 = l / v_m + 5$, где l – расстояние от центра тяжести сечения материала в траншее до центра тяжести сечения материала в пролете в м; v_m – скорость передвижения тележки в м/с;

5) опускание грейфера; время опускания в с $t_5 = h_1 / v_c + 3$, где h_1 – высота опускания, равная расстоянию от центра тяжести сечения штабеля материала до крайнего верхнего положения грейфера;

6) раскрытие грейфера; время раскрытия t_6 в предварительных расчетах принимается равным 6-12 с;

7) подъем грейфера; время подъема в с $t_7 = h / v_{nd} + 3$;

8) передвижение тележки; время передвижения в с $t_8 = l / v_m + 5$.

Развернутый график цикла погрузки на склад (без учета совмещений отдельных движений) показан на рис. 5.

Далее вычисляется общее время цикла, число циклов в час и производитель-

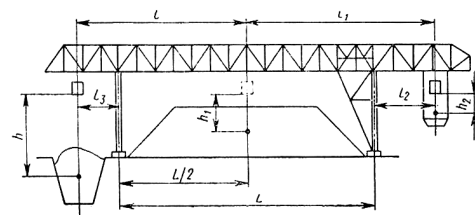


Рисунок 4 – Схема для расчета производительности перегружателя

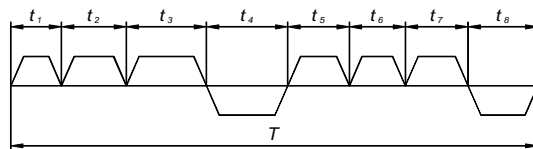


Рисунок 5 – Циклограмма работы перегружателя:
 t_1 – опускание грейфера; t_2 – зачерпывание;
 t_3 – подъем грейфера; t_4 – передвижение тележки;
 t_5 – опускание грейфера; t_6 – раскрытие грейфера;
 t_7 – подъем грейфера; t_8 – передвижение тележки

ность перегружателя.

При определении производительности для большинства перегружателей время, необходимое на передвижение моста, не учитывается, так как это передвижение является установочным и практически не влияет на производительность. Если при различных вариантах работы производительность перегружателя изменяется, то за основную производительность принимается производительность при главном варианте работы. В некоторых случаях указывается производительность при каждом варианте работы.

Заключение. Как видно из описанных этапов формирования расчетных схем перегружателей, основными их особенностями, причем применительно к широкому классу конструкций подобного типа, являются учет: особенностей тех или иных вариантов конструктивных схем; постоянных эксплуатационных нагрузок; экстремальных нагрузок; совместного влияния нагрузок различного происхождения.

Предлагаемый системный подход к формированию расчетных схем тяжелонагруженных крупногабаритных машин может быть применен для большого множества конструкций. Реализация данного подхода для расчета различных машиностроительных конструкций является направлением дальнейших исследований.

Список литературы: 1. Гусев Ю.Б. Обгрунтування 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. констр.-технол. ін-т. – Маріуполь, 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. К вопросу об определении причин сверхнормативного износа реборд колес грейферной тележки мостового крана-перегружателя / Ю.Б. Гусев, В.А. Слободяник, А.Ю. Танченко, Н.А. Ткачук // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ", 2007. – №3. – С. 55-66. 5. Танченко А.Ю. К вопросу определения жесткоствых характеристик металлоконструкции углеродного перегружателя / Ю.Б. Гусев, А.Ю. Танченко // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків: НТУ "ХПІ", 2007. – №29. – С. 42-47. 6. Танченко А.Ю. К вопросу об оптимальном синтезе элементов мостовых перегружателей / Ю.Б. Гусев, А.Ю. Танченко // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – №9. – С. 43-66. 7. Танченко А.Ю. Обеспечение технического уровня сложных пространственных конструкций на основе моделирования физико-механических процессов на примере обоснования параметров мостового перегружателя / Ю.Б. Гусев, А.Ю. Танченко // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – №14. – С. 34-46. 8. Танченко А.Ю. Моделирование напряженно-деформированного состояния элементов высоконагруженных машин при действии комплекса динамических нагрузок / А.Ю. Танченко, Н.А. Ткачук // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ "ХПІ", 2009. – №1. – С. 134-146. 9. Танченко А.Ю. Обгрунтування параметрів високонавантажених машин на основі моделювання напружено-деформованого стану з урахуванням деградації властивостей основних елементів / Ю.Б. Гусев, А.Ю. Танченко // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків: НТУ "ХПІ", 2010. – №19. – С. 62-79.

Поступила в редакцию 30.11.2012