

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕХАНИЗМОВ ПОДЪЕМА ЛИТЕЙНЫХ КРАНОВ

Аннотация

Приведено описание вариантов конструкций механизма подъема главной тележки литейного крана. Представлены результаты их сравнительного анализа по критериям энергозатрат и безотказности.

Ключевые слова: кран литейный; механизм подъема; конструктивная схема; КПД; вероятность безотказной работы.

В технологической линии сталеплавильных цехов литейные краны (миксерные, заливочные, разливные) занимают особое место, т.к. выполняют широкий комплекс операций. Работоспособность литейных кранов и, в частности, механизма подъема главной тележки, обуславливает эффективную работу всего цеха, поэтому обеспечение безотказной работы механизма подъема является актуальной задачей, определяющей технологическую безопасность производства.

Типовая конструкция механизма главного подъема [1, 2] разливочного крана приведена на рисунке 1. Механизм состоит из двух одинаковых механизмов, связанных между собой зубчатыми венцами 9 барабанов 7, что обеспечивает их равные угловые скорости вращения. Каждый механизм приводится во вращение электродвигателем 1 и состоит из двухступенчатого редуктора 4 и зубчатой пары 8-9, имеет два колодочных тормоза 2, 5, установленных с двух сторон редуктора 4. Вал двигателя соединен с быстроходным валом редуктора с помощью зубчатой муфты 3. В состав механизма входит силовой полиспаг 6. Барабан имеет левую и правую нарезку. Для синхронной работы барабанов и обеспечения безопасной работы при поломке одного из двигателей в зубчатом колесе второй передачи редуктора предусмотрена установка храпового устройства.

В современных условиях работы электросталеплавильных цехов функции литейных кранов расширяются, они используются для завалки металлолома и для транспортирования ковшей с расплавленным металлом. Кроме того из-за уменьшения времени плавки до 40...50 мин. благодаря последовательной работе электродуговой печи, установки печь-

ковш и машины непрерывного литья заготовки интенсивность эксплуатации механизмов литейных кранов, в частности, механизма подъёма, значительно повышается. Также отмечены тенденции в увеличении высотных и габаритных размеров цехов, что влияет на скоростные режимы работы крановых механизмов. Данные факторы явились основанием для разработки новых конструкций механизмов подъёма, отвечающих указанным требованиям.

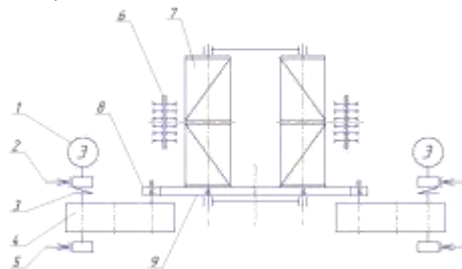


Рисунок 1. Типовая конструкция механизма подъёма (схема №1)

В статье представлен сопоставительный анализ типовой и ряда современных конструкций механизма подъёма главной тележки литейных кранов, по критериям энергозатрат и безотказности.

На рисунках 2-8 приведены двухбарабанные схемы механизмов подъёма современных литейных кранов.

Механизм подъёма, схема которого приведена на рисунке 2, имеет симметричную конструкцию и также состоит из двух одинаковых частей, связанных редуктором 4. Редуктор имеет два быстроходных и два тихоходных вала. Каждый быстроходный вал редуктора 4 соединен с электродвигателем 1 с помощью муфты 2. На быстроходном валу установлены рабочий колодочный тормоз 2, а с обратной стороны редуктора – аварийный тормоз 5. Тихоходный вал редуктора через встроенную зубчатую муфту соединён с барабаном 6. В состав механизма входит силовой полиспаст 7.

В конструкции механизма главного подъёма с «двойным» редуктором (рисунок 3) используются два одинаковых редуктора 7. Два привода располагаются симметрично и состоят из электродвигателя 1, муфт 2 и 4, промежуточного вала 5, основного колодочного тормоза 3. Тихоходные валы редукторов 7 соединены с валами барабанов 9, которые расположены на одной оси перпендикулярно главной балке крана. Тихоходные валы также соединены между собой при помощи муфт 8 и вала-вставки, что позволяет синхронизировать вращение барабанов и обеспечивает работу механизма при поломке одного из двигателей. В состав редуктора также может входить храповое устройство, как и в типовой конструкции

механизма. Для аварийной остановки предусмотрен тормоз 6. Выигрыш в силе на барабане обеспечивает применение полиспаста 10.

Такой тип конструкции рассчитан на невысокую грузоподъёмность и меньший подъездной путь тележки как слева, так и справа.

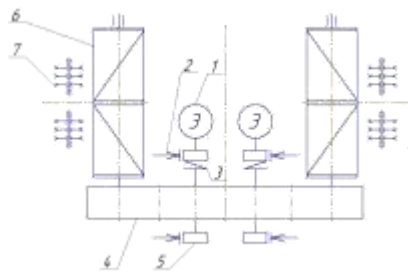


Рисунок 2. Конструкция с центральным приводом (схема №2)

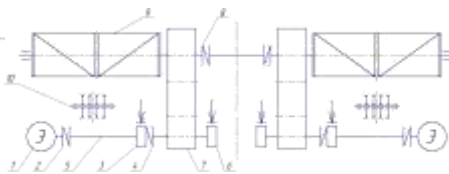


Рисунок 3. Конструкция с «двойным» редуктором и линейным расположением барабанов (схема №3)

В состав механизма подъёма, приведенного на рисунке 4, входят два электродвигателя 1, соединенные с помощью муфт 3 с быстроходными валами шестеренчатого редуктора 5. Тихоходные валы редуктора одновременно передают вращение барабанам 6. Два барабана 6 располагаются параллельно главной балке крана. Внутри шестеренчатого редуктора две части механизма подъёма соединены при помощи валов, работающих на низкой скорости, которые в свою очередь соединяются с холостыми шестернями. В случае отказа одного двигателя перемещение груза обеспечивается вторым, используя холостые шестерни редуктора. Механизм снабжен четырьмя тормозами 2 и 4. Данный вариант конструктивного исполнения механизма обеспечивает высокую степень безопасности и надёжности в эксплуатации, является удобным в плане технического обслуживания и рассчитан на меньший подъездной путь крановой тележки.

В конструкции механизма подъема компании Урал-Шталь (рисунок 5) используется тройной планетарный шестеренчатый редуктор 4. Механизм приводится в движение четырьмя электродвигателями 1, вращение от которых через муфты 3 передается планетарному редуктору 4, а далее через муфты 5 к редукторам 6 с эвольвентными цилиндрическими передачами и двум барабанам 7, располагающимся параллельно главной балке. Оба привода располагаются симметрично по отношению друг к другу. Планетарный редуктор имеет два передаточных числа. При выходе из строя одного из двигателей, срабатывает соответствующий ему быстродействующий тормоз 2, поэтому второй двигатель перемещает груз при уменьшении скорости на 50%, чтобы соответствовать требованиям

производимой операции. Для обеспечения безопасного режима работы также предусмотрен аварийный тормоз барабана. В состав механизма входит силовой полиспаст 8. Такой тип конструкции отвечает всем эксплуатационным требованиям безопасности, но требует использования системы охлаждения в редукторе из-за повышенного тепловыделения.

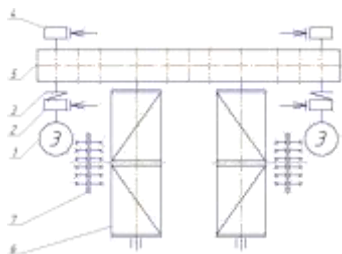


Рисунок 4. Конструкция с шестеренчатым редуктором (схема №4)

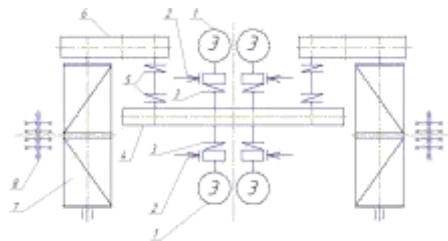


Рисунок 5. Конструкция с тройным планетарным шестеренчатым редуктором (компания Урал-Шталь) (схема №5)

На рисунке 6 приведен механизм подъема груза с планетарным шестеренчатым редуктором 4, который передает вращение от двух двигателей 1 через муфты 3 с тормозными шкивами к двум барабанам 5. Барабаны 5 располагаются параллельно главной балке. Синхронизация двух точек подъема обеспечивается при помощи вторичной шестерни редуктора. Для обеспечения более высокого уровня безопасности предусмотрен основной и аварийный тормоз 2. Когда один из двигателей, соединенный с ведущим валом планетарного шестеренчатого редуктора, выходит из строя, срабатывает аварийный тормоз этого вала и другой двигатель может осуществлять транспортировку груза при 50%-снижении скорости для соответствия требованиям производимой операции. В состав механизма входит силовой полиспаст 6. Данный тип конструкции обладает высокой степенью надёжности и безопасности при эксплуатации. Редуктор не нуждается в дополнительном охлаждающем устройстве. Крановая тележка менее приближена к крюку и является более удобной в плане технического обслуживания персоналом.

В схеме механизма подъема с «тройным» редуктором (рисунок 7) три редуктора расположены в форме треугольника. Два электродвигателя 1 располагаются симметрично, два барабана 7 располагаются параллельно главной балке. Вращение от двигателей 1 передается с помощью муфт 4 синхронизирующему редуктору 5, в состав которого может входить храповый механизм. Выходные валы редуктора соединяются с помощью муфт с валами двух вторичных редукторов 6, которые приводят в движение два барабана 7. При отказе одного двигателя, второй будет обеспечивать движение во время выполнения операции. Такой вариант механизма

характеризуется легкой заменой редуктора, большими наружными габаритами, но меньшей эксплуатационной надёжностью. Для достижения высокого уровня безопасности в эксплуатации крана, механизм снабжен основными 3 и аварийными 2 тормозами.

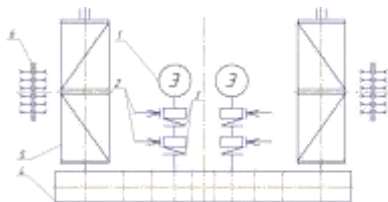


Рисунок 6. Конструкция с планетарным шестеренчатым редуктором (схема №6)

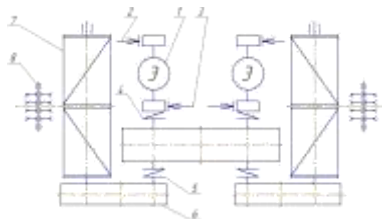


Рисунок 7. Конструкция с «тройным» редуктором (схема №7)

На рисунке 8 представлена схема механизма подъёма с одним редуктором. Конструкция состоит из редуктора 7, двух двигателей 1 и двух канатных барабанов 8, рабочего тормоза 2, аварийного тормоза 6 барабана, которые расположены симметрично относительно трансмиссионного вала 4 с муфтами 3 и 5. Валы размещены перпендикулярно к главной балке моста крана. При поломке одного двигателя подъёмный механизм будет управляться в течение операции вторым.

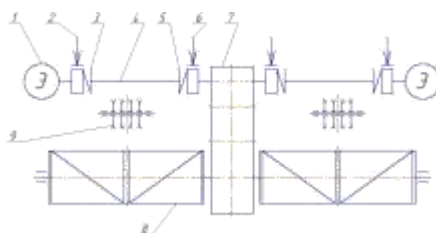


Рисунок 8. Конструкция с одним редуктором (схема №8)

Среди представленных исполнений механизма выделяются две группы схем со структурным подобием (по расположению элементов в пространстве) – №3 и 8; №1, 2, 4, 5, 6, 7. Для сравнения представленных конструктивных вариантов были выбраны два параметра – коэффициент полезного действия $\eta_{\text{мех}}$ (КПД), отражающий энергоэффективность конструкции, и вероятность безотказной работы P , характеризующий работоспособность механизма. При оценке были приняты следующие допущения: 1) грузоподъемность механизма подъёма одинакова; 2) кратность полиспаста одинакова; 3) барабан соединяется с редуктором с помощью встроенной зубчатой муфты; 4) вероятности безотказной работы всех

элементов механизма одинаковы и равны 0,99.

С учетом известных значений КПД отдельных элементов конструкции (зубчатых передач, муфт, подшипников, полиспаста) [3] определены значения КПД механизма в целом для каждой из схем (таблица 1). Максимальное значение $\eta_{\text{мех}}$ характерно для типовой конструкции механизма подъема (схема №1), относительно этого значения рассчитано отклонение КПД Δ_{η} для остальных схем (таблица 1). Анализ полученных результатов позволил выделить три группы конструкций с близкими значениями КПД: 1) схемы №8 и 2; 2) схемы № 4, 7 и 3; 3) схемы №6 и 5. Таким образом, наиболее эффективными с позиции энергозатрат являются: типовая конструкция механизма подъема (№1), конструкция с одним редуктором (№8) и конструкция с центральным приводом (№2).

Таблица 1

Значения $\eta_{\text{мех}}$ при разных конструктивных исполнениях								
№ схемы	1	2	3	4	5	6	7	8
$\eta_{\text{мех}}$	0,717	0,706	0,661	0,671	0,583	0,645	0,664	0,713
$\Delta_{\eta}, \%$	—	1,5	7,8	6,4	18,7	10,0	7,4	0,6

Основываясь на структурно-логических формулах для каждого конструктивного варианта исполнения механизма подъема, рассчитана вероятность безотказной работы P (таблица 2). Минимальное значение вероятности безотказной работы характерно для схемы №8 (схема с одним редуктором). Максимальное значение вероятности безотказной работы отмечено для механизма подъема, выполненного по схеме №1. Отклонение вероятности ΔP для других схем относительно данного значения представлено в таблице 2. Здесь можно выделить три подобные группы схем: 1) №3, 2, 4, 6; 2) №7 и 5; 3) №8. Следует отметить, что только типовая схема механизма подъема обеспечивает вероятность безотказной работы выше значения 0,95, которое является базовым уровнем для литейных кранов. Схемы, отнесенные к первой группе, также практически отвечают данному уровню.

Таблица 2

Значения вероятности безотказной работы P механизма подъема груза при разных конструктивных исполнениях

№ схемы	1	2	3	4	5	6	7	8
P	0,967	0,947	0,948	0,947	0,920	0,944	0,928	0,799
$\Delta P, \%$	—	1,5	1,4	1,5	4,3	1,8	3,4	16,9

Так как выбранные для анализа схем параметры отражают разные свойства конструкций, то для дальнейшего сравнения было выполнено ранжирование конструктивных схем по убыванию значений КПД и вероятности безотказной работы (таблица 3). Схеме с максимальным значе-

нием параметра присваивался первый ранг, с минимальным – последний. Ранги, представленные по значениям КПД (R_{η}) и вероятности безотказной работы (R_p), позволили определить средний ранг схемы:

$$R_{cp} = (R_{\eta} + R_p) / 2 .$$

Таблица 3

Ранжирование конструктивных схем

№ схемы	1	2	3	4	5	6	7	8
R_{η}	1	3	6	4	8	7	5	2
R_p	1	3	2	3	6	4	5	7
R_{cp}	1	3	4	3	7	5	5	4

На основании полученных значений среднего ранга можно отметить, что типовая схема механизма подъема (№1) обладает наилучшими показателями энергоэффективности и безотказности, далее следуют схемы №2 и №4. Это объясняется тем, что данные конструктивные варианты по своей структуре являются развитием типовой схемы путем объединения двух редукторов и открытых зубчатых пар (см. схему №1) в один раздаточный редуктор, с введением в его состав синхронизирующих шестерен. Схемы №3, 8, 6 и 7 составляют третью группу ранжирования, а схема №5 является наименее эффективной как по энергозатратам, так и с позиции безотказности, что связано с наличием в ее конструкции трех редукторов.

Таким образом, при необходимости модернизации двухбарабанного механизма подъема в современных производственных условиях следует отдавать предпочтение конструкции с центральным приводом (схема №2) и конструкции с шестерёнчатым редуктором (схема №4).

Данное исследование будет продолжено после уточнения показателей безотказности элементов конструкции механизма подъема и рассмотрения схем с одним барабаном.

Библиографический список

1. Виниоли И.И. Механическое и транспортное оборудование сталеплавильных цехов. – М.: Металлургия, 1972. – 368 с.
2. Петухов П.З., Ксюнин Г.П., Серлин Л.Г. Специальные краны. – М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.
3. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин/Под ред. Иванченко Ф.К. – К., 1978. – 576 с.