

*д. т. н., проф. Кравченко В.М.
(ПГТУ, г. Мариуполь, Украина)
к. т. н., доц. Сидоров В.А.
(ДНТУ, г. Донецк, Украина)*

АНАЛИЗ ПРИЧИН НЕИСПРАВНОСТЕЙ В РАБОТЕ ПРИВОДА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ХОЛОДИЛЬНИКА МНЛЗ

Приведено результати аналізу причин несправностей у роботі приводу переміщення холодильника МБЛЗ.

Для охлаждения литых слитков, полученных на МНЛЗ, используется холодильник с шагающими балками (рисунок 1). Конструкция холодильника включает: неподвижные балки; подвижные балки, соединенные форкопфом; восемь гидроцилиндров вертикального подъема подвижных балок; четыре гидроцилиндра горизонтального перемещения подвижных балок. Крепление гидроцилиндров осуществляется при помощи кронштейнов, имеющих резьбовые соединения с опорными и перемещаемыми поверхностями [1].

В исходной позиции слиток опирается на неподвижные балки. Для перемещения слитка подвижные балки совершают последовательно вертикальное, а затем горизонтальное перемещение. После опускания подвижных балок слиток устанавливается на неподвижные балки. Подвижные балки движутся вверх при помощи вертикальных гидроцилиндров и поднимают груз выше уровня неподвижных балок. Перемещаются подвижные балки при помощи горизонтальных гидроцилиндров. Рабочий ход предполагает подъем и перемещение слитков. Холостой ход происходит после опускания и возврата подвижных балок для обеспечения дальнейшего продвижения слитка [2].

Для анализа отказов использованы записи агрегатного журнала участка механического оборудования МНЛЗ с декабря 1999 года по февраль 2006 года. Анализ отказов выполнен по рекомендациям, приведенным в работе [3]. Основные виды отказов по элементам гидропривода холодильника МНЛЗ – утечки в результате выхода из строя уплотнений, штуцеров и фланцевых соединений маслопроводов, загрязнения фильтрующих элементов; ослабление и разрушение резьбовых соединений креплений гидроцилиндров и кронштейнов. Визуальный осмотр не позволяет эффективно выявить повреждения резьбовых соединений; затяжка резьбовых соединений при помощи

гидравлического инструмента не исключает случаев разрушения болтов крепления кронштейнов.

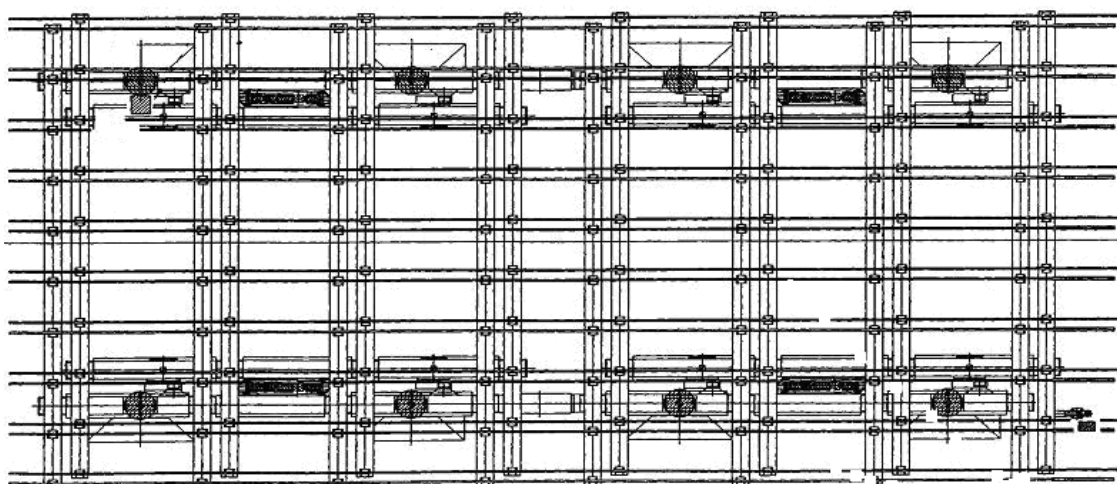
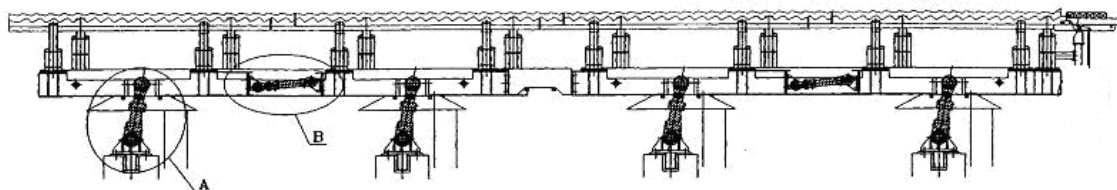


Рисунок 1 - Холодильник с шагающими балками для охлаждения слитков, полученных на МНЛЗ

Проведенная сортировка отказов по времени (рисунок 2), позволяет определить тенденцию в развитии среднегодового числа отказов (рисунок 3). Увеличение среднегодового числа отказов позволяет утверждать о накоплении нерешенных проблем при эксплуатации данного оборудования.

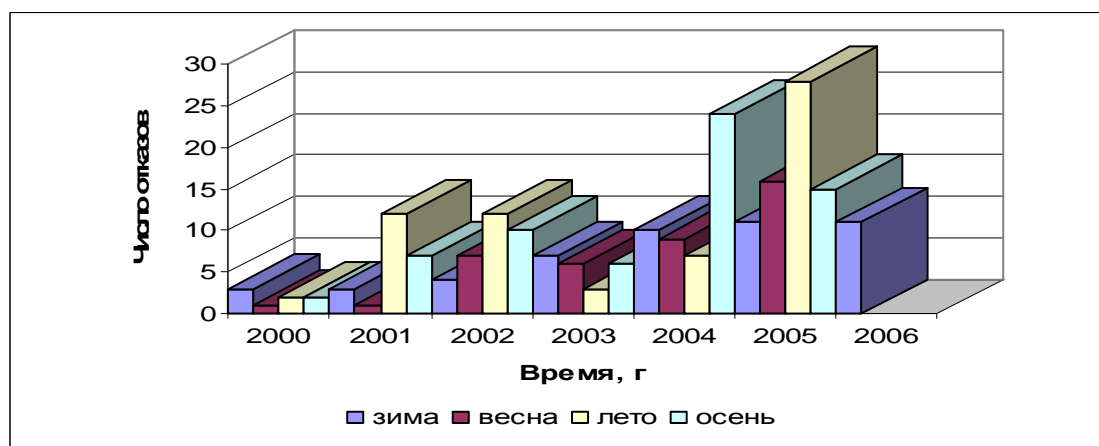


Рисунок 2 – Временное изменение числа отказов холодильника

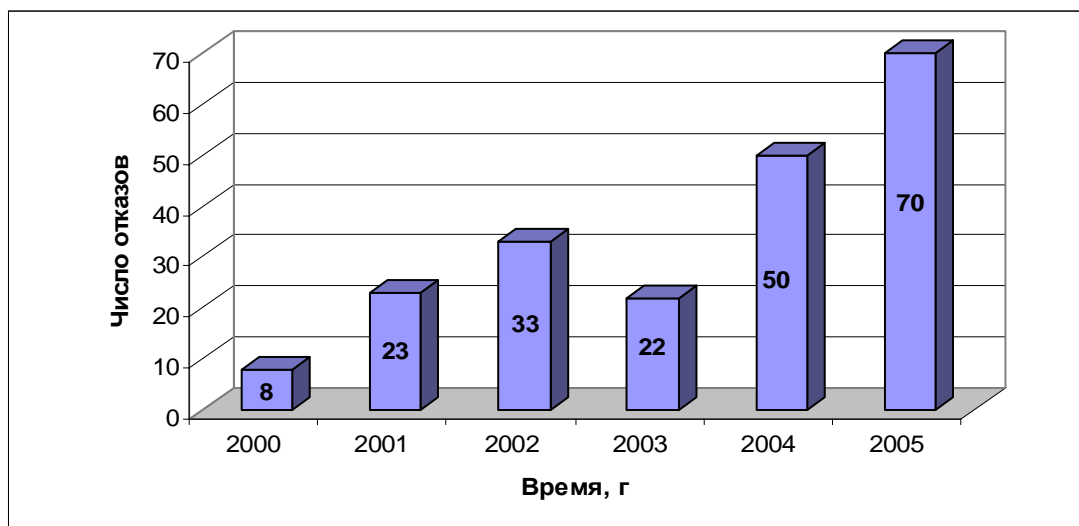


Рисунок 3 – Увеличение среднегодового числа отказов

Общее число отказов и нарушений режимов работы за рассматриваемый период составляет 216 событий. В среднем - 36 за год. Внезапные отказы, характерные для данного оборудования, могут приводить к внеплановым простоям оборудования (до 6,5 часов). Наибольшее число отказов произошло за последние два года. Увеличенное число отказов отмечено в 2002 году, одинаковое число – в 2001 и 2003 годах. Наименьшее число отказов произошло в 2000 году. Изменение числа отказов имеет нарастающий волнообразный характер. Явно выраженный рост количества отказов указывает на ускоренный процесс старения элементов оборудования. Однако, порядок отказов одинаков. Возможно, не все события зарегистрированы в агрегатном журнале. Употребляемые термины и словосочетания не всегда позволяют представить однозначную картину произошедшего события.

Время между отказами вначале составляло 5 месяцев. Далее временной интервал между отказами сократился до 3-х месяцев. Уменьшение временного интервала указывает на интенсификацию процессов разрушения элементов оборудования и возможное изменение характера последующих отказов. Отказы группируются по сезонам – осень, весна. Наибольшая вероятность отказа – окончание летней компании (осень), начало года или весна. Это зависит от загруженности оборудования.

Гистограмма, приведенная на рисунке 4, характеризует распределение числа отказов от расположения гидроцилиндров. Анализ гистограммы показывает, что наибольшее число отказов произошло на гидроцилиндре №1, одинаковое число отказов – на гидроцилиндрах №2 и №4, наименьшее число отказов – на гидроцилиндре №3. Это связано с температурным режимом работы оборудования.

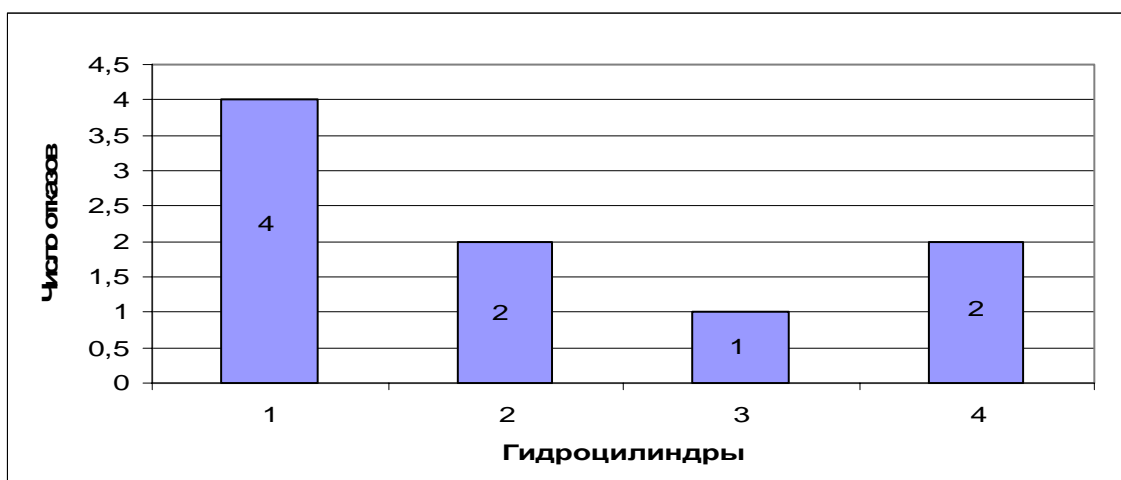


Рисунок 4 – Гистограмма отказов по гидроцилиндрам продольного перемещения холодильника

Расположение гидроцилиндров горизонтального перемещения и значения температуры по местам установки приведены на рисунке 5.

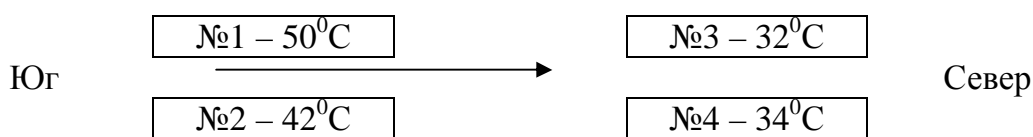
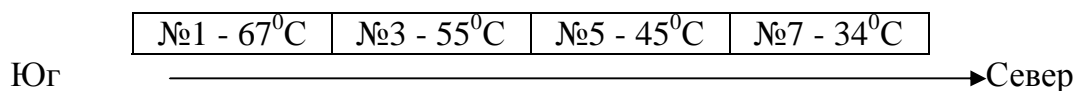


Рисунок 5 – Расположение гидроцилиндров и значения температуры по болтам крепления кронштейнов

Гистограмма указывает, что число отказов гидроцилиндров №2 и №4 одинаково. Это свидетельствует о наличии других факторов, влияющих на безотказную работу гидропривода. Наибольшее число отказов произошло в горячей зоне. Горячие слитки, поступающие для охлаждения, создают температурные нагрузки, способствующие интенсификации процессов разрушения. Далее слитки, охлаждаясь, попадают в зону низкой температуры - число отказов сокращается.

Аналогичные выводы можно сделать для гидроцилиндров вертикального перемещения. Распределение температур корпусов гидроцилиндров вертикального перемещения, показано на рисунке 6.



| | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| №2 - 65 ⁰ С | №4 - 52 ⁰ С | №6 - 42 ⁰ С | №8 - 32 ⁰ С |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|

Рисунок 6 – Распределение температуры по корпусам гидравлических цилиндров вертикального перемещения

Основным и наиболее частым видом нарушения режима работы гидропривода холодильника, является наличие утечек. Количество таких отказов за последние пять лет, возросло (рисунок 7). Начиная с 2001 года, среднее число отказов из-за утечек сохраняется на уровне 23 в год. К ним относятся утечки, связанные с трещинами маслопровода (брак при изготовлении), некачественной обваркой трещин, неудовлетворительной затяжкой фланцевых соединений, обрывами рукавов и т.д.

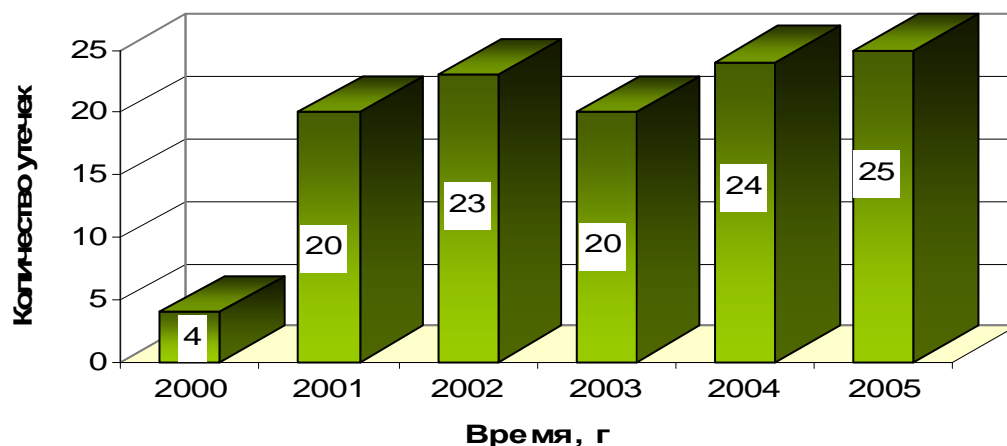


Рисунок 7 – Гистограмма распределения количества утечек в гидроприводе холодильника по времени

Причиной утечек может быть использование некачественных уплотнений, перепадов давления рабочей жидкости в системе гидропривода, которые могут быть вызваны загрязнением фильтроэлементов на различных участках, несвоевременной заменой. Основным в гидроприводе является качество применяемой рабочей жидкости, которая в процессе эксплуатации оборудования теряет свои качества – загрязняется, что обуславливается средой, в которой работает оборудование, квалификацией технического персонала, неизбежным износом элементов оборудования. Причиной появления утечек может быть возникновение в системе привода гидравлических ударов или не синхронность срабатывания гидроцилиндров холодильника.

Анализ распределения общего количества отказов по элементам гидропривода.

1. Гидростанция – 29,2 %. В течение 2003 – 2005гг. в среднем число отказов составляет 10 в год. В период с 2000 - 2003 гг. их практически не наблюдалось.

2. Фильтроэлементы – 28,3 %. Отказы фиксировались каждый год, за исключением 2002г. Число отказов возросло в 2004г (10) и 2005г (18), в период с 2000 по 2004 их количество не превышало 3-х в год.

3. Маслопроводы – 15 %. Число отказов возросло за последние два года.

4. Гидроаккумуляторы – 12,5 %. Отказы имели место каждый год, за исключением 2003г.

5. Гидроцилиндры горизонтального перемещения – 7,5 %.

6. Гидроцилиндры вертикального перемещения – 5 %. Отказы наблюдаются в течение последних двух лет (2004 г. – 1, 2005 г. – 5).

7. Резьбовые соединения – 2,5 %. Отказы наблюдались на протяжении всего периода эксплуатации, наибольшее число в 2004 и 2005 гг.

Наиболее частые виды ремонтных воздействий холодильника МНЛЗ.

1. Замена участков маслопровода имела место каждый год. В 2002 г. объем этого вида работ возрос до 11 раз в год и продолжает расти (2005 г. – 21) – 31,5%.

2. Замена фильтров проводится ежегодно. Наиболее часто фильтры меняли в 2004 г. – 10 раз и в 2005г – 27 раз. 22% всех ремонтных работ.

3. Замена уплотнений проводится ежегодно в разном объеме: резкий рост в 2001 г. (10 раз), затем спад и снова рост до 4-х раз в 2005г – 13%.

4. Обварка трещин проводится ежегодно не более 3-х раз в год – 6%.

5. Замена насоса – 6%. В течение 2000 – 2002 гг. замен не проводилось. В 2003 г. - 1 замена, в 2005 г. – 8 замен.

6. Замена мембран гидроаккумуляторов проводилась ежегодно за исключением 2003 г. и составляла не более 3-х раз в году – 4%.

7. Замена перемычек до 2003 г. не делалась, но последние три года имеет место не более 4-х раз в году – 4%.

8. Замена болтов имеет место последние два года (1,5%). Этот вид работ довольно редок, однако о нем необходимо упомянуть, т.к. поломка болтовых соединений – это серьезный вид отказов, приводящий к появлению других отказов и многочасовым простоям оборудования.

В процессе эксплуатации холодильника отмечены разрушения болтов М24 крепления крышки гидроцилиндров горизонтального перемещения и М30 крепления кронштейнов гидроцилиндров горизонтального перемещения подвижных балок.

Анализ параметров движения холодильника МНЛЗ

1. Холодильник с шагающими балками имеет следующий рабочий цикл: подъем заготовок, продвижение заготовки вперед на один шаг, опускание заготовки, возврат в исходное положение. Благодаря особой форме поверхности шагающей балки заготовка разворачивается на 90° в ходе каждого цикла. Заготовка подвергается равномерному охлаждению и все четыре поверхности проходят по шагающим балкам.

2. Фактический цикл движения включает этапы: движение вверх, движение вперед, торможение, период колебаний, движение вниз, движение назад, торможение, возвращение в исходную позицию.

3. Временные рамки этапов не стабильны. Отмечаются различия времени движения по гидроцилиндрам горизонтального перемещения от 3,8 с. до 4,2 с.

4. Временной сигнал виброускорения зарегистрированный по перемещаемым кронштейнам гидроцилиндров №3 и №4 северной стороны имеет четко выраженную границу этапа "колебаний" (рисунок 8). После замены болтов на кронштейнах сигналы виброускорений резко изменились, высокочастотные колебания исчезли. Замена болтов дает положительные результаты.

5. Размах виброускорения при начале движения составляет $5,0 \text{ м/с}^2$. Был зарегистрирован размах колебаний виброускорения – $22,0 \text{ м/с}^2$. Этим значениям могут соответствовать весьма значительные динамические нагрузки. Дополнительная динамическая нагрузка на элементы привода может составить $335 \dots 1474 \text{ кН}$.

6. Размах колебаний виброскорости в период "колебаний" достигает $57,0 \text{ мм/с}$. Кинетическая энергия, направленная на разрушение элементов конструкции, может составить $191 \text{ Н}\cdot\text{м}$ за каждый цикл.

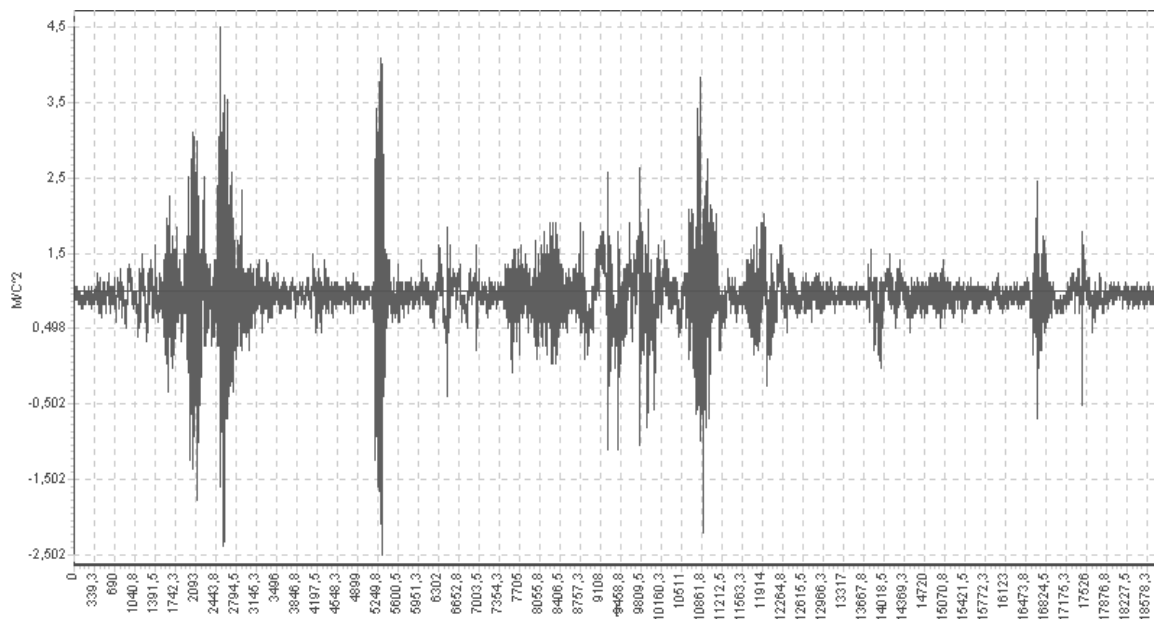


Рисунок 8 – Временной сигнал виброускорения по 4-му цилиндру до замены болтов

Болтовые соединения крепления кронштейнов затягивают при помощи гидравлического инструмента создающего продольные силы в теле болта – 190 кН (давление 55,0 МПа). После месяца работы по болтам крепления кронштейнов гидроцилиндров горизонтального перемещения были определены остаточные продольные силы предварительной затяжки. Результаты приведены в таблице. Наиболее подвержены ослаблению болты крепления неподвижного кронштейна, по гидроцилиндрам №1 и №3.

Таблица – Значения остаточных продольных сил (кН) по болтам кронштейнов гидроцилиндров горизонтального перемещения после месяца эксплуатации

| Гидроцилиндр | Болты неподвижного кронштейна | | | | Болты подвижного кронштейна | | | |
|--------------|-------------------------------|-----|-----|-----|-----------------------------|-----|------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 79 | 104 | 155 | 86 | - | - | - | 178 |
| 2 | 183 | 86 | 138 | 86 | 179 | 190 | 190 | 190 |
| 3 | 138 | 93 | 104 | 104 | 190 | 104 | 114 | 86 |
| 4 | 183 | 155 | 186 | 86 | 190 | 190 | 104* | 104 |

Примечание: 1 – правый верхний; 2 – правый нижний; 3 – левый нижний; 4 – левый верхний; * - болт при затяжке лопнул.

Выводы.

На основании анализа отказов элементов привода холодильника, анализа параметров движения холодильника, распределения нагрузок по элементам привода можно сделать следующие выводы.

1. Среди возможных причин зарождения и развития трещин и ослабления затяжки резьбовых соединений следует отметить: перекосы конструкции; периодические тепловые воздействия; ударные нагрузки при смещении слитков при подъеме-опускании; несимметричная конструкция кронштейна, несинхронность работы гидроцилиндров.

2. Предлагается уменьшить скорость движения гидроцилиндров "вперед" и "назад" до 75,0 мм/с, за счет увеличения времени этапов до 6 секунд.

3. Различия между временем работы однотипных элементов свидетельствуют о неравномерном движении потоков рабочей жидкости по трубопроводам.

Приведены результаты анализа причин неисправностей в работе привода перемещения холодильника МНЛЗ.

Results of the analysis of the reasons of malfunctions in work of a drive of moving of refrigerator are resulted.

Библиографический список.

1. Шагающий конвейер нагревательных печей (часть 1). Развитие конструкций и областей применения: Учеб. Пособие / С. В. Белодеденко, Ли Юн – цзинь, В. К. Цапко; Под Ред. С. В. Белодеденко. – Днепропетровск: НМетАУ, 2001. – 69 с.

2. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Т. 3. Машины и агрегаты сталеплавильных цехов / Целиков А.И. и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1989. - 436 с.

3. Гребеник В.М., Цапко В.К. Надежность металлургического оборудования (оценка эксплуатационной надежности и долговечности): Справочник. - М.: Металлургия, 1989. - 592 с.

*Рекомендовано к печати
к. т. н., проф. Финкельштейном З.Л.*