

вания (рис. 3) масло подводится в подшипник через специальные вставки с дюзами или делитель потока 1, 2, длина которых и диаметры выходных отверстий отличаются и согласовываются с конструкцией и размерами подшипника. Существующая схема подвода смазочного материала к четырехрядному радиально-упорному ПК через делители потока 1, 2 позволяет равномерно разделить масловоздушный поток на равные части, тем самым обеспечить смазывание поверхности трения ПК. Но при такой конструкции смазывающих устройств неудовлетворительно осуществлялось смазывание манжет, в результате чего они быстро выходили из строя по износу.

Поэтому в ЗАО «МПС» была разработана конструкция подшипникового узла (рис. 4) со специальными встроенными делителями потока 1, 2, позволяющими равномерно разделить масловоздушный поток для смазывания поверхности трения ПК, а также направлять часть масловоздушного потока через каналы 3, 4 на смазывание рабочих кромок радиальных манжет.

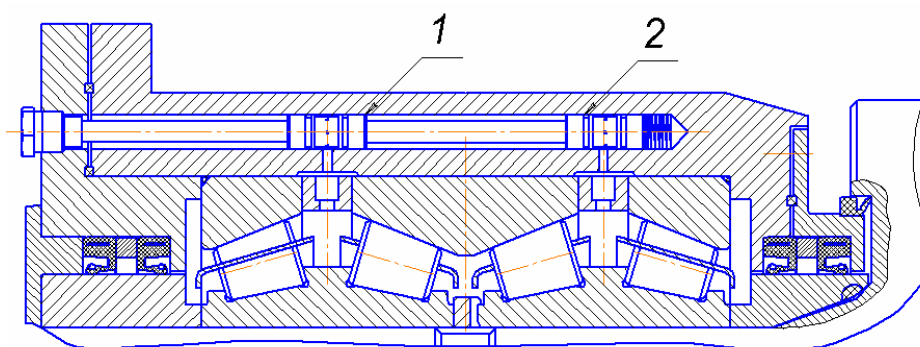


Рис. 3. Установка делителей потока для смазывания подшипника

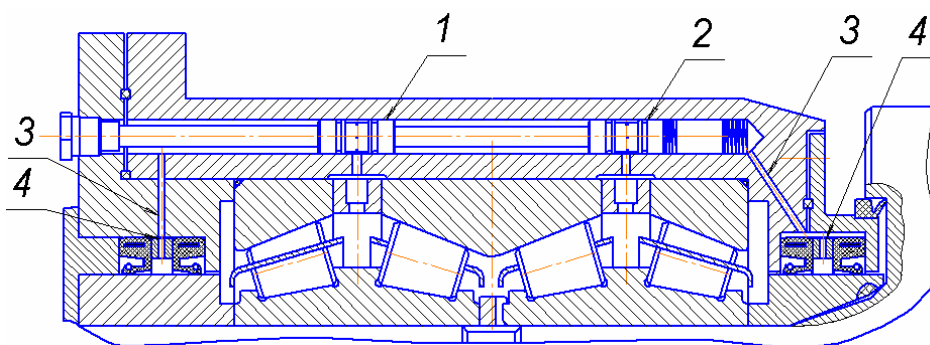


Рис. 4. Установка делителей потока для смазывания подшипника и манжет

Это привело к общему повышению герметизации подшипникового узла рабочего вала от проникновения воды, эмульсии, окалины, увеличился срок службы манжет и в целом всего подшипникового узла стана 630 х.п. ЛПЦ-8. В настоящее время прорабатывается возможность модернизации подшипникового узла рабочего вала 11-й клетки стана 2000 г.п. с применением специальных встроенных делителей потока.

УДК 621.771

Кадошников В.И., Куликов С.В., Шестопалов Е.В., Куликова Е.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ АГРЕГАТОВ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

До последнего времени вопрос отыскания оптимального по критериям надежности варианта построения технической системы не стоял так остро перед практикой управления такими системами, как в настоящее время. Процесс обеспечения требуемой надежности технической системы зачастую считается как бы сопутствующим процессу ее создания. В этом случае задача считается успешно выполненной, если удастся создать структуру системы, удовлетворяющую основным требованиям ее назначения. В связи с качествен-

ными изменениями, присущими современным техническим системам, в настоящее время серьезно возросли требования, предъявляемые к эффективности, а отсюда и к надежности данных систем. В условиях ограниченного финансирования, при необходимости обеспечения высокого качества функционирования различных технических систем, возникла необходимость синтеза таких их структур, которые обеспечивали бы (в течение требуемого времени и при заданных условиях эксплуатации) наилучшую реализацию возлагаемых

на эти системы функций, т.е. структур, оптимальных по показателям надёжности. В силу комплексности свойства данного показателя и наличия целого ряда ограничивающих условий, а также существования своих особенностей работы систем, для каждого конкретного случая, такой синтез их структур является многокритериальным. Обеспечение общей (комплексной) оптимальности структур технических систем необходимо для достижения основной цели – повышения уровня эффективности их функционирования.

Применительно к средствам производства, особенно в области сложных промышленных систем, можно отметить повышенную опасность недостаточной надёжности, так как она приводит к потерям, связанным с ликвидацией обнаруженного отказа в средстве производства (при его замене, при введении новых элементов и т.п.) и, кроме того, может привести к выпуску ненадёжных изделий, обслуживаемых данным средством.

С инженерной точки зрения надёжность характеризуется следующим и факторами [1]:

1. Вероятность исправной работы за требуемый период времени.
2. Изменения характеристик прочности, возникающими при воздействии возможных нагрузок при их соотнесении с допустимыми.
3. Значимость надёжности по сравнению с другим и необходимыми характеристикам.
4. Затраты, необходимые для достижения заданного уровня надёжности системы.
5. Степень приближения уровня надёжности при массовом производстве к уровню, заложенному при конструировании сложной технической системы.
6. Оптимальность эксплуатации технической системы.

Рассматривая перечисленные характеристики, более подробно можно отметить следующие нюансы.

Требуемый рабочий цикл системы определяется через временной интервал. Имеется в виду среднее значение наработки на отказ и его отношение ко времени поиска и устранения неисправности. Следует отметить, что в некоторых случаях элементы системы могут находиться в состоянии готовности весьма длительное время, а подключаться в рабочий режим несколько раз или даже один раз за весь период. Требование достижения высокой надёжности зачастую вступает в противоречие с другими необходимыми характеристиками, такими как уменьшение размеров, получение высокой точности, низкой стоимости и т.п. Поэтому возникает вопрос, как оптимально выбрать необходимые количествен-

ные характеристики для получения компромиссного решения.

Существуют математические модели расчёта надёжности для каждого конкретного случая, основанные на ряде допущений, которые можно применить в этой области (например, абсолютная надёжность отдельных элементов системы). Несмотря на узкую специализацию, видны преимущества и необходимость создания методики расчёта, применимой ко многим техническим системам.

В работе Мамедли Э.М., Соболева Н.А. [2] рассматривается метод обеспечения отказоустойчивости при проявлении неисправностей в резервированных управляющих вычислительных системах определённого класса. Согласование результатов локальной обработки признаков неисправности для всех каналов как элементов системы обеспечено оригинальной структурой контрольных точек, а также алгоритмом обеспечения отказоустойчивости с использованием системного журнала, средств аппаратной поддержки и т. п. Предлагаются методы, незначительно снижающие производительность системы, но компенсирующие и предотвращающие возникающие в системе неисправности.

Любые реальные технические системы, относящиеся к объектам достаточно высокого уровня сложности, имеют иерархическую структуру. Некоторые авторы, например Т. Рийсмаа [3], предлагают свои подходы для описания и оптимизации структуры иерархических систем. Отмечается, что, так как свойства этих систем зависят от числа уровней разбиения, количества подмножеств разбиения на каждом уровне, то естественным образом встает задача оптимизации многоуровневого разбиения заданного множества объектов. Анализ прокатного стана с таких позиций позволяет выявить наряду с функционально заданными связями сложного технического сооружения, которым является стан, технологически обусловленные взаимодействия, значимые для решения задачи повышения надёжности анализируемой технической системы. При этом может применяться подход, основанный на пошаговом моделировании внешних воздействий.

Достаточно проблемной областью, в которой моделирование играет важную роль, по мнению Г.В. Рыбиной, являются, например, интегрированные экспертные системы реального времени, в которых подсистема моделирования окружающей среды используется для прогнозирования результатов принятия решений и диагностики состояния управляемых объектов [4]. Обоснованно отмечается, что для повышения эффектив-

ности моделирования часто необходимо идти по пути возможно более полного учета структурно-функциональных особенностей объекта моделирования, тем самым предельно возможно (в соответствии с техническим заданием) сужая «специализацию» алгоритма [5]. Но техническое задание зачастую учитывает достаточно широкую сферу применения разрабатываемых методик, и поэтому необходимо конкретно ставить задачу моделирования параметров надежности объекта прокатного производства.

Проверка адекватности модели описания компоновки различных уровней сложности технического объекта характеру распределения элементов узлов прокатных станов выполнялась на основе собранного в течение шести лет статистического материала, отражающего характеристики отказов технологических агрегатов стана горячей прокатки 2500.

При анализе отказов оборудования стана горячей прокатки 2500 доля выхода из строя по причине поломки валков доходила до 64,3%, причем наибольшее число остановок связано с работой клетки № 2, ремонт которой наиболее трудозатратен. Распределение отказов по времени суток имеет тенденцию к их росту при работе агрегатов в первую и вторую смены, что, по всей видимости, объясняется более напряженным графиком загрузки стана в эти часы.

Максимальное количество аварийных остановок вызвано разрушением нижнего рабочего валка в районе шеек. Усталостный характер разрушения требует разработки технологических решений, повышающих надежность отмеченных агрегатов и уточнения организации ремонтных воздействий для сокращения простоев по причине внезапных поломок.

Надежность станов в данном случае оценивается одним из наиболее информативных показателей – коэффициентом технического использования. Этот коэффициент характеризует долю фактического времени работы оборудования за рассматриваемый календарный период и к его анализу и синтезу должны применяться теории, описывающие структурные особенности сложных технических систем.

Для анализа системы используется системно-структурный подход, на основе которого входящие в систему элементы могут быть проклассифицированы. Традиционно любую сложную систему рассматривают как систему, состоящую из взаимодополняющих и взаимодействующих между собой элементов, которые вместе выполняют сложную функцию [6]. Классификация каждой из таких систем выполняется на основе разделения целого на составляющие по функциональным признакам.

Библиографический список

1. Richard H. Meyers, Kam L. Wong, Harold M. Gordy. Reliability engineering for electronic systems/ John Wiley & Sons, Inc., London, 1968. 426 p.
2. Мамедли Э.М., Соболев Н.А. Метод обеспечения отказоустойчивости в резервированных управляющих вычислительных системах // Автоматика и телемеханика. 2000. № 2. С. 172–182.
3. Рийсмаа Т. Описание и оптимизация структуры иерархических систем // Автоматика и телемеханика. 1993. № 12. С. 146–151.
4. Рыбина Г.В. Использование методов имитационного моделирования при создании интегрированных экспертных систем реального времени // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2000. № 5. С. 147–156.
5. Кузнецов Н.Ю. Взвешенное моделирование вероятности монотонного отказа системы при существенно различных характеристиках надежности ее элементов // Кибернетика и системный анализ. 2000. № 2. С. 45–54.
6. Савельев А.Н. Особенности формирования работоспособных технических систем // Изв. вузов. Чёрная металлургия. 1998. № 8. С. 69–75.