

Гидросистема рабочего оборудования и рулевого управления выполнена с применением секционного распределителя с компенсаторами давления, насос-дозатором и гидравлической связью с регулятором насоса через клапан приоритетный и клапан ИЛИ. Контур рабочего оборудования служит для приведения в движение механизмов и рабочих органов погрузчика, и управления их движением при выполнении погрузочно-разгрузочных работ с различными видами материалов и грузов. Контур рулевого управления, с двумя ведущими мостами, предназначен для обеспечения маневренности и точности управления машиной при любых режимах работы: переднего управляемого моста (транспортный режим); переднего и заднего управляемых мостов (режим минимальный радиус поворота); поворота колес переднего и заднего управляемых мостов в одну сторону (режим «краб»).

Гидросистема погрузчика с LS-управлением обеспечивает согласование расхода рабочей жидкости с текущими нагрузками, вследствие чего при малой разнице давлений нагрузки на рабочих органах гидродвигателей достигаются минимальные потери мощности, связанные с теплоотдачей поверхностей гидропривода. Применение насоса Н с регулятором разности давлений с клапаном ИЛИ КИ обеспечивает поддержание требуемого перепада давления, передачу управляющего сигнала к регулятору и согласованную работу всех контуров системы. Использование секционного распределителя РЗ с компенсаторами давления и приоритетного клапана КПП обеспечивает стабильное распределение потоков на исполнительные механизмы и между контурами гидросистемы. Применение насос-дозатора НД способствует точности управления и повышению устойчивости отклика на управляющие воздействия.

Гидросистемы с LS-управлением характеризуются низкими потерями энергии, экономичностью и малым нагревом от дросселирования, что снижает окисление и увеличивает срок эксплуатации рабочей жидкости. По сравнению с обычными системами они гораздо менее требовательны к затратам энергии, а потери мощности зависят от перепада давления и подачи насоса, что повышает энергоэкономичность и срок эксплуатации гидросистемы.

Л и т е р а т у р а

1. Гинзбург, А. А. Дроссельное регулирование в гидросистемах и адаптация гидропривода к нагрузке (LS-принцип) : курс лекций для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» днев. и заоч. форм обучения / А. А. Гинзбург. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 77 с.
2. Каталог продукции ОАО «АМКОДОР». – URL: <https://amkodor.by/catalog/> (дата обращения: 24.03.2026).
3. Янкович, Д. М. Анализ схмотехнических решений автоматического переключения частоты вращения гидромоторов ходовой части комбайна / Д. М. Янкович, Ю. А. Андреевец ; науч. рук. Д. Л. Стасенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 24–25 апр. 2025 г. : в 2 ч. / Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого [и др.] ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2025. – Ч. 1. – С. 49–52.

ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ В ГИДРОСИСТЕМАХ

П. А. Тарун

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю. А. Андреевец

Произведен анализ основных видов структурного резервирования, применяемых в гидравлических системах для повышения их надежности. Рассмотрены принципы работы

горячего, холодного резерва и резервирования замещением. Выполнен сравнительный анализ эффективности общего и отдельного резервирования, определены условия их рационального применения. Представлены типовые схемы дублирования элементов гидропривода.

Ключевые слова: гидросистема, надежность, резервирование, дублирование, отказ, вероятность безотказной работы.

Резервирование в гидросистемах представляет собой метод повышения надежности путем введения в систему дополнительных элементов, предназначенных для выполнения рабочих функций вместо отказавших основных. Этот подход является одним из наиболее эффективных способов обеспечения бесперебойной работы гидравлического оборудования в условиях интенсивной эксплуатации. Необходимость применения резервирования обусловлена тем, что отказ даже одного элемента, например, насоса или распределителя, может привести к полной остановке машины, созданию аварийной ситуации или значительным экономическим потерям. Резервирование позволяет системе продолжать функционировать при выходе из строя одного или нескольких элементов за счет использования дублирующих устройств.

В зависимости от требований к надежности и условий эксплуатации могут применяться различные виды резервирования, каждый из которых имеет свои особенности, преимущества и ограничения [1, 2].

Горячее резервирование, также называемое активным, является одним из наиболее распространенных способов повышения надежности гидравлических систем. Принцип его работы заключается в том, что оба насоса подключены к общему напорному коллектору и работают одновременно (рис. 1). В штатном режиме основной насос обеспечивает требуемое рабочее давление, а резервный насос также находится в работе, создавая некоторый дополнительный расход или находясь в режиме готовности. Если давление в системе падает из-за поломки основного насоса, резервный насос, который уже запущен, автоматически берет на себя всю нагрузку. Обратный клапан, установленный за основным насосом, закрывается, предотвращая перетекание рабочей жидкости через неисправный насос. Система продолжает функционировать без какого-либо перерыва в подаче давления.

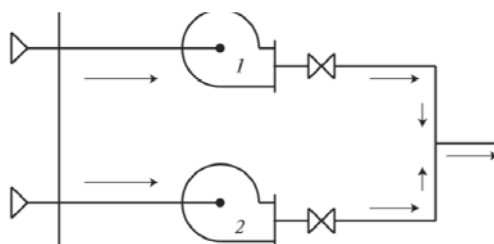


Рис. 1. Горячее (активное) резервирование

Основным преимуществом горячего резервирования является мгновенное замещение отказавшего элемента, что особенно важно для систем, где недопустима даже кратковременная остановка, например, в рулевых приводах самолетов или тормозных системах. Однако у этого метода есть и недостаток: ресурс обоих насосов тратится одинаково, так как износ идет постоянно, даже при работе системы в штатном режиме. Тем не менее для важных систем этот недостаток часто считают приемлемой платой за максимальную надежность.

Холодное резервирование, или ненагруженный резерв, предполагает работу только основного насоса, тогда как резервный насос находится в выключенном состоянии и не потребляет ресурс (рис. 2). В нормальном режиме функционирует только основной насос, обеспечивая питание гидросистемы. Датчик давления, установленный на напорной линии, непрерывно контролирует уровень давления. Если давление падает ниже допустимого уровня, что свидетельствует о неисправности основного насоса, датчик подает команду на блок управления, который запускает резервный двигатель, и резервный насос включается в работу.

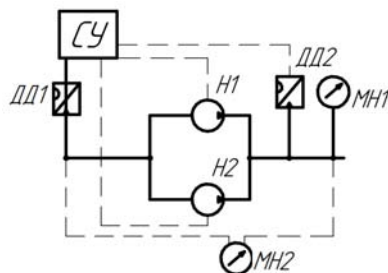


Рис. 2. Холодное (ненагруженное) резервирование

После выхода резервного насоса на рабочий режим система продолжает функционировать. Основными преимуществами холодного резервирования являются: резервный насос остается новым и неизношенным до момента своей активации; достигается экономия энергии, так как резервный насос не работает постоянно. Однако имеется и существенный недостаток – наличие паузы на запуск резерва. Время этой паузы может составлять от долей секунды до нескольких секунд в зависимости от инерционности системы запуска и типа привода. Для многих гидросистем такая пауза допустима, но для ответственных агрегатов, где требуется мгновенное замещение, холодный резерв не подходит.

Постоянное резервирование в гидросистемах представляет собой метод повышения надежности, при котором резервные элементы работают постоянно параллельно с основным, без какого-либо переключения (рис. 3).

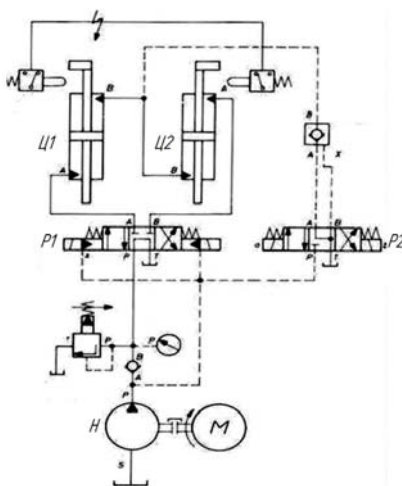


Рис. 3. Постоянное резервирование

К таким элементам могут относиться насосы, клапаны, фильтры и другие устройства. Резерв включен всегда, поэтому при поломке основного элемента перерыв в работе полностью отсутствует, и не требуются специальные переключающие устройства. В отличие от горячего резервирования, где резервный насос может работать в облегченном режиме, при постоянном резервировании все элементы несут одинаковую нагрузку. Это дает нам отсутствие перерывов в работе при отказе элемента, что особенно ценно для систем непрерывного действия. Постоянное резервирование часто применяется в тех случаях, когда остановка системы для переключения на резерв невозможна по технологическим или соображениям безопасности.

Особое место среди способов повышения надежности занимает резервирование замещением. Этот метод позволяет автоматически переключаться с основного насоса на резервный без применения электроники, датчиков и сложных систем управления. В основе этого способа использование гидравлический клапан «ИЛИ» (рис. 4), который автоматически подключает ту линию, где есть давление. Когда работает основной насос и создает давление, шарик под действием потока жидкости перекрывает вход от резервного насоса, не позволяя жидкости циркулировать через неработающий насос. Если основной насос по каким-либо причинам выходит из строя и давление в его линии падает, запорный элемент под действием давления от резервного насоса открывает путь рабочей жидкости от резервного насоса к потребителю. Таким образом, резервный насос подключается автоматически, причем переключение происходит исключительно за счет гидравлической энергии, без участия электрических сигналов, реле или контроллеров. Главным преимуществом резервирования замещением является то, что не нужна электроника и датчики, а срабатывание происходит чисто за счет гидравлики. Это делает систему более надежной, так как исключает возможные отказы электронных компонентов. Кроме того, такое решение проще в эксплуатации и дешевле в реализации.

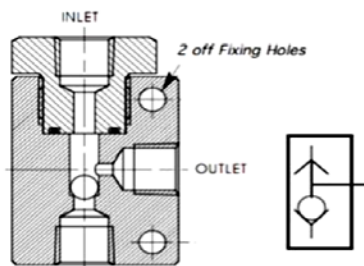


Рис. 4. Резервирование замещением

Таким образом, выбор вида резервирования в гидросистемах определяется требованиями к надежности, условиями эксплуатации и экономической целесообразностью.

Горячее резервирование целесообразно применять в системах, не допускающих даже кратковременного перерыва в работе, например, в системах управления самолетов или аварийных тормозных системах. Холодный резерв предпочтителен для систем с ограниченным ресурсом насосного оборудования или там, где допустима небольшая пауза на запуск резерва, например, в резервных гидросистемах промышленных установок. Постоянное резервирование обеспечивает мгновенную готовность и отсутствие перерыва, но ведет к равномерному износу всех элементов, поэтому его применяют для фильтров, клапанов и других элементов, где износ не является критическим фак-

тором. Резервирование замещением позволяет создавать высоконадежные системы без усложнения электронной части управления, что особенно ценно для машин, работающих в тяжелых условиях эксплуатации. Дальнейшее развитие методов резервирования связано с интеграцией цифровых систем управления и диагностики, позволяющих осуществлять прогнозирование отказов и динамическую реконфигурацию структуры гидросистемы в реальном времени.

Л и т е р а т у р а

1. Надежность гидравлических систем воздушных судов / Т. М. Башта, В. Д. Бабанская, Ю. С. Головки [и др.]. – М. : Транспорт. 1986. – 279 с.
2. Проектирование гидравлических систем машин : учеб. пособие / Г. М. Иванов, С. А. Ермаков, Б. Л. Коробочкин, Р. М. Пасынков. – М. : Машиностроение, 1992. – 224 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРИОДА СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ НАЛАДКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

М. В. Матвеевцева

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. И. Михайлов

Рассмотрена задача оптимизации периода стойкости инструментальной наладки при обработке корпусных деталей на станках с ЧПУ. Исследованы зависимости стойкости режущего инструмента от режимов резания и материалов. Для прогнозирования стойкости использована формула Тейлора, позволяющая определить эмпирический коэффициент C_v и рассчитать расчетную стойкость инструмента. На основе экспериментальных данных установлены средние значения C_v , а также построены графики зависимостей. Результаты работы способствуют снижению затрат на инструментальное хозяйство и повышению производительности механической обработки.

Ключевые слова: стойкость инструмента, станки с ЧПУ, формула Тейлора, режимы резания, корпусные детали.

Стойкость режущего инструмента играет ключевую роль в эффективности и экономичности механической обработки. Оптимизация режимов резания и подбор материалов инструмента и заготовки позволяют снизить затраты на инструментальное хозяйство, увеличить межремонтные периоды и повысить производительность. В качестве обрабатываемой детали используется типовая корпусная деталь из СЧ20 (рис. 1), обрабатываемая торцевой фрезой ASX400-100B07R со вставными твердосплавными (VO15TF) пластинами и метчиком M12-7H (P6M5).

Формула Тейлора, используемая для прогнозирования стойкости инструмента, имеет вид:

$$C_v = V^m S^y t^z T, \quad (1)$$

где T – стойкость инструмента, мин; V – скорость резания, м/мин; S – подача, мм/об; t – глубина резания, мм; C_v – эмпирический коэффициент, зависящий от материала инструмента, обрабатываемого материала, геометрии инструмента и других факторов; m , y , z – показатели степени, характеризующие влияние скорости резания, подачи и глубины резания на стойкость инструмента.