

Н.Г. Афендиков /к.т.н./, А.В. Шендрик, К.Б. Ломаковский
 ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (Донецк)

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ СО СТРЕЛОВИДНЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОРГАНАМИ

Рассмотрены вопросы возможности использования системного подхода и системного анализа для повышения надежности проходческих комбайнов избирательного действия. Выполнена декомпозиция проходческого комбайна на системы, на подсистемы, на узлы, составляющие подсистемы. Поставлена задача разработки мероприятий по техническому обслуживанию комбайнов и текущим ремонтам.

Ключевые слова: системный подход, проходческий комбайн, декомпозиция, системы, подсистемы, узлы, техническое обслуживание, ремонты.

Постановка проблемы

При повышении надежности проходческих комбайнов улучшается их использование во времени, т.к. сокращаются простои оборудования всего проходческого комплекса проходческого участка из-за отказов, приводящих к потерям рабочего времени, необходимого для производства ремонтов, и, кроме этого, к потерям рабочего времени, необходимого для производства технического и профилактического обслуживания. Необходимость производства ремонтов и обслуживания приводит к значительным экономическим потерям во время эксплуатации оборудования.

В процессе эксплуатации проходческие комбайны со стреловидными исполнительными органами подвергаются механическим, термическим, вибрационным, химическим воздействиям и другим видам нагрузок, которые носят случайный динамический характер и под воздействием которых в материалах конструкций накапливаются усталостные повреждения, приводящие к их структурным изменениям. При этом происходит также абразивный износ сопрягаемых деталей и узлов. Различные неблагоприятные условия работы проходческих комбайнов в виде повышенной влажности воздуха в проходческом забое, кислотных и щелочных воздействий в ходе эксплуатации, которые обусловлены наличием кислот и щелочей в шахтных водах, приводят к коррозионному повреждению поверхностей машин и их защитных покрытий, а также к другим изменениям состояния узлов и деталей комбайнов.

В конструкции проходческих комбайнов входят различные блоки: механические, гидравлические, электрические, блоки управления и др.

[1], т.е. комбайны можно рассматривать как технические устройства, которые имеют признаки систем, таких как целенаправленность, наличие иерархии, множества входов и выходов, взаимодействие элементов, связь между элементами, оценка результатов эксплуатации, принятие конструктивных и управленческих решений, изменение состояний. Все это обуславливает применение системного подхода при решении практических задач по повышению надежности проходческих комбайнов вместе со всем набором средств теории систем: вычислительной техники, теории вероятностей и математической статистики, теории информации, теории игр и решений, теории графов и сетей, факторного анализа, теории операций, экспертных оценок, эргономики, системотехники, теории множеств и теории оптимизации [2].

Системный подход позволяет учесть такие факторы, как случайность событий, конфликтность конструктивных решений, неоднозначность состояния сложных объектов, автоматическое действие средств защиты и управления, и определяет по существу комплексный подход к проблеме повышения надежности как самих проходческих комбайнов, так и проходческих комплексов проходческих забоев.

Анализ последних исследований и публикаций

Системный подход – это подход, при котором любая система (объект) рассматривается как совокупность взаимосвязанных элементов (компонентов), имеющая выход (цель), вход (ресурсы), связь с внешней средой, обратную связь [3...5]. Это подход к исследованию процессов, происхо-

дящих в природе, в обществе, в сложных технических устройствах [6...8]. В общем случае под системой понимается целостное множество объектов, связанных между собой взаимными отношениями. Его сущность состоит в реализации требований общей теории систем, согласно которой каждый объект в процессе его исследования должен рассматриваться как система и одновременно как элемент более общей системы [9].

Как известно, системный подход при исследовании, разработке, модернизации и проектировании технических объектов (машин, комплексов машин) называют системотехникой [3]. Согласно теории системного анализа в технике (системотехники) создается абстрактная и концептуальная система, описываемая с помощью символов или других средств, представляющая собой определенное структурно-логическое устройство, цель которого – служить инструментом понимания, описания и, возможно, более полной оптимизации поведения связей и отношений элементов реальной системы. Здесь термин «анализ» используется для характеристики самой процедуры проведения исследования, которая состоит в том, чтобы разделить проблему на составляющие части, более доступные для решения, использовать наиболее подходящие специальные методы для построения отдельных подпроблем, объединить их так, чтобы найти оптимальное решение.

Системный подход [2,10,11] ориентирует исследователей на раскрытие целостности объекта, на выявление многообразных связей и сведение их в единую теоретическую картину.

При исследовании любого объекта или явления необходим системный подход, который возможно представить в виде последовательности следующих этапов: выделение объекта исследования из общей массы явлений, объектов; составление математической модели системы; выбор критериев оптимизации решаемой задачи; решение задачи.

В работах кафедры «Горные машины» Донецкого национального технического университета широко использовался системный анализ и системный подход как в учебном процессе [1], так и при проведении научно-исследовательских работ [12,13].

Цель (задачи) исследования

Целью исследования является установление возможности применения методов системного подхода и системного анализа для повышения надежности проходческих комбайнов избирательного действия со стреловидными исполнительными органами.

Основной материал исследования

Современный проходческий комбайн – сложная машина [1], состоящая из примерно 5 тыс. деталей, в том числе в гидравлическом приводе комбайна около 2 тыс. деталей. Поэтому проходческий комбайн необходимо рассматривать как техническую систему, которая состоит из совокупности технических узлов, устройств управления и контроля (элементов), предназначенных для выполнения определенных функций. При этом элементы – составные части системы (рис. 1). Рассматриваемый проходческий комбайн избирательного действия со стреловидным исполнительным органом – сложная система, состоящая из: исполнительного органа 1; гидроцилиндров телескопа исполнительного органа на забой 2; привода исполнительного органа 3; гидроцилиндров подъема исполнительного органа 4; гидроцилиндров поворота исполнительного органа 5; насосной станции 6; конвейера 7; опорных гидроцилиндров 8; гусеничных ходовых частей 9; гидроцилиндров подъема-опускания стола питателя 10; нагребующих лап (звезд) 11; стола питателя 12, а также других узлов и деталей.

К уровню общей (главной) цели относится сама система (надсистема) проходческого комбайна (ПК), включающая следующие составные части первого уровня: A^1_1 – гидравлическую систему комбайна (ГСК) и B^1_1 – механическую систему комбайна (МСК).

Гидравлическая система на втором уровне включает следующие подсистемы:

- A^2_1 – гидропривод поворота исполнительного органа (ГПрИО);
- A^2_2 – гидропривод подъема исполнительного органа (ГПДИО);
- A^2_3 – гидропривод телескопа исполнительного органа (ГТИО);
- A^2_4 – гидропривод нагребующих лап (ГНЛ) или звезд;
- A^2_5 – гидропривод подъема-опускания стола питателя (ГПОСП);
- A^2_6 – гидропривод хода правый (ГХП);
- A^2_7 – гидропривод хода левый (ГХЛ);
- A^2_8 – гидропривод опор (ГО);
- A^2_9 – насосную станцию (НС).

Механическая система на втором уровне включает следующие подсистемы:

- B^2_1 – привод исполнительного органа (ПИО);
- B^2_2 – исполнительный орган (ИО);
- B^2_3 – конвейер (К);
- B^2_4 – механическую составляющую правой ходовой части (МПХЧ);
- B^2_5 – механическую составляющую левой ходовой части (МЛХЧ);
- турель (Т).

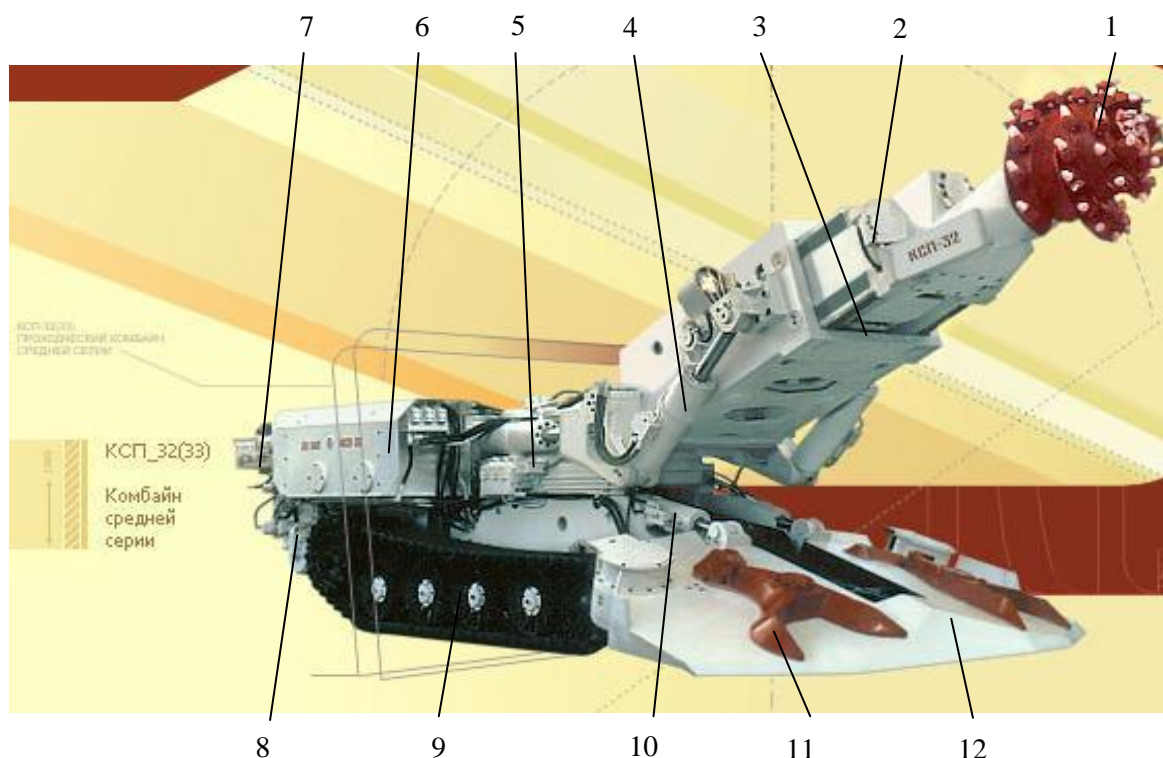


Рис. 1. Проходческий комбайн типа КСП-32

Кроме этого, исполнение комбайна -02 имеет гидроцилиндры подъема и поворота конвейера, а к комбайнам исполнения -00 и -01 по желанию заказчика могут поставляться перегружатели.

Одной из основных процедур системного анализа применительно к системе проходческого комбайна следует считать изучение структуры системы, анализ ее компонентов, выявление взаимосвязей между отдельными элементами. На рис. 2 приведена структурная схема проходческого комбайна КСП-32.

К третьему уровню относятся составляющие элементы подсистемы гидравлической системы:

– ГПРИО включают в себя: A^3_1 – гидравлические коммуникации (ГК₁), A^3_2 – распределители (РП₂), A^3_3 – гидрозамки (ГЗ₃), A^3_4 – гидроцилиндры (ГЦ₄);

– ГПДИО включают в себя: A^3_5 – гидравлические коммуникации (ГК₅), A^3_6 – распределители (РП₆), A^3_7 – гидрозамки (ГЗ₇), A^3_8 – гидроцилиндры (ГЦ₈);

– ГТИО включают в себя: A^3_9 – гидравлические коммуникации (ГК₉), A^3_{10} – распределители (РП₁₀), A^3_{11} – гидрозамки (ГЗ₁₁), A^3_{12} – гидроцилиндры (ГЦ₁₂);

– ГНЛ включают в себя: A^3_{13} – гидравлические коммуникации (ГК₁₃), A^3_{14} – распределители (РП₁₄), A^3_{15} – гидрозамки (ГЗ₁₅), A^3_{16} – гидродвигатели (ГД₁₆);

– ГПОСП включают в себя: A^3_{17} – гидравлические коммуникации (ГК₁₇), A^3_{18} – распределители

(ГР₁₈), A^3_{19} – гидрозамки (ГЗ₁₉), A^3_{20} – гидроцилиндры (ГЦ₂₀);

– ГХП включают в себя: A^3_{21} – гидравлические коммуникации (ГЦ₂₁), A^3_{22} – распределители (РП₂₂), A^3_{23} – гидрозамки (ГЗ₂₃), A^3_{24} – гидродвигатель (ГД₂₄);

– ГХЛ включают в себя: A^3_{25} – гидравлические коммуникации (ГЦ₂₅), A^3_{26} – распределители (РП₂₆), A^3_{27} – гидрозамки (ГЗ₂₇), A^3_{28} – гидродвигатель (ГД₂₈);

– ГО включают в себя: A^3_{29} – гидравлические коммуникации (ГК₂₉), A^3_{30} – распределители (РП₃₀), A^3_{31} – гидрозамки (ГЗ₃₁), A^3_{32} – гидроцилиндры (ГЦ₃₂);

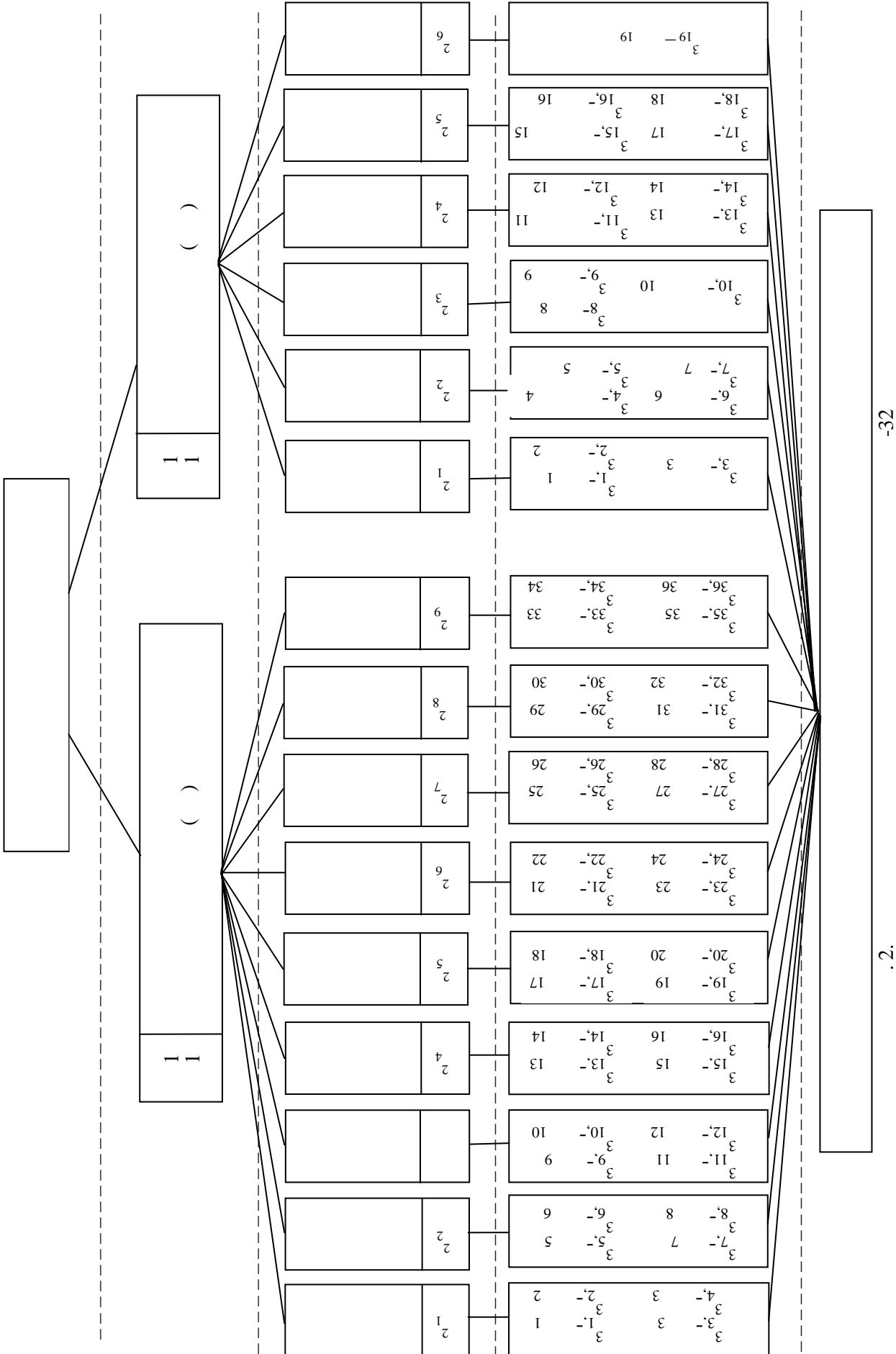
– НС включают в себя: A^3_{33} – электропривод (ЭП₃₃), A^3_{34} – насосную группу (НГ₃₄), A^3_{35} – клапаны (К₃₅), A^3_{36} – фильтры (Ф₃₆).

Также к третьему уровню относятся составляющие элементы подсистемы механической системы:

– ПИО включают в себя: V^3_1 – электродвигатель (Э_{м1}), V^3_2 – корпус редуктора (КР_{м2}), V^3_3 – валы в сборе с подшипниками зубчатыми колесами (ВС_{м3});

– ИО включают в себя: V^3_4 – корпус исполнительного органа (КИО_{м4}), V^3_5 – забурник (З_{м5}), V^3_6 – резцедержатели (РД_{м6}), V^3_7 – резцы (Р_{м7});

– К включают в себя: V^3_8 – электроприводы (Э_{м8}), V^3_9 – раму конвейера (РК_{м9}), V^3_{10} – цепь скребковую (ЦС_{м10});



-32

.2

К четвертому уровню относятся: узлы, детали, уплотнения, приборы, различные клапаны, манометры и другие устройства, входящие в элементы подсистемы гидравлической системы третьего уровня, а также валы, зубчатые колеса, муфты, подшипники, приводные и натяжные звезды, катки, траки гусениц механизмов перемещения, механические узлы манипулятора исполнительного органа (турель) и другие узлы и детали, формирующие подсистемы механической системы.

Предварительный анализ данных о надежности проходческих комбайнов типа КСП-32, полученных при пассивных экспериментальных исследованиях в проходческих забоях на трех шахтах показал, что основные значения показателей надежности – вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и коэффициент готовности свидетельствуют, что ГСК менее надежная, чем МСК. Кроме этого, результат анализа заключений семи экспертов, полученных методом «Делфи» [14], также подтвердил, что надежность ГСК значительно ниже, чем надежность МСК, что обуславливает необходимость в первую очередь проведения работ по повышению надежности ГСК для достижения общей цели повышения надежности проходческого комбайна.

Структурный анализ подсистем гидравлической системы комбайна КСП-32 показывает, что все подсистемы состоят из элементов с последовательным соединением и представляют собой структуру без резервирования. При таком соединении элементов выход из строя любого элемента приводит к отказу подсистемы в целом. Блок-схема надежности последовательного соединения *i*-го числа элементов *k*-й подсистемы гидравлической системы проходческого комбайна приведена на рис. 3.

Вероятность безотказной работы *k*-й подсистемы $P_{n,k}(t)$ при последовательном соединении ее элементов определяется как произведение вероятностей безотказной работы ее *i* элементов p_{i0} :

$$P_{n,k}(t) = p_1(t)p_1(t) \dots p_i(t) = \prod_1^i p_i \quad (1)$$

Следует отметить, что и вся гидравлическая система комбайна также является системой с последовательным соединением подсистем, поскольку выход из строя одной из десяти подсистем приводит к неработоспособному состоянию всей гидравлической системы комбайна. Вероятность безотказной работы системы определяется аналогично зависимости (1):

$$P(t) = P_{n,1}(t)P_{n,2}(t) \dots P_{n,10}(t) = \prod_1^{10} P_{n,k}(t) \quad (2)$$

Вероятность безотказной работы гидравлической системы не может быть выше вероятности безотказной работы самой ненадежной из ее подсистем. Следовательно, из ненадежных подсистем и составляющих подсистемы элементов нельзя создать высоконадежную систему.

Для обеспечения надежности вновь проектируемых гидравлических систем используются два подхода, дополняющих друг друга.

Первый подход предполагает использование высоконадежной элементной базы, спроектированной и изготовленной по современным технологиям и проверенной на испытательных стендах в условиях завода-изготовителя и в шахтных условиях при интенсивных режимах эксплуатации. При этом целесообразно использовать качественные материалы со стабильными характеристиками, имеющие малый разброс параметров, а также использовать детали с повышенной прочностью, имеющие повышенные износостойкость, коррозионную устойчивость и защиту элементов от внешних вредных воздействий.

Второй подход заключается в применении в резервировании. На способ и схему резервирования элементов оказывают влияние причины возникновения отказов. Так, например, в гидравлической насосной станции проходческого комбайна КСП-32 подача рабочей жидкости от насосной группы в напорную магистраль

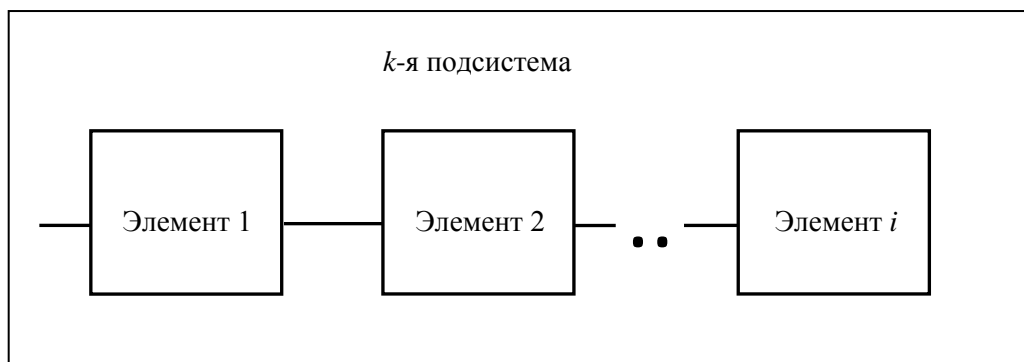


Рис. 3. Блок-схема *k*-й подсистемы гидравлической системы проходческого комбайна

используется последовательное соединение фильтрующих элементов. При этом, в случае засорения любого из фильтров происходит отказ системы. При параллельном соединении в случае засорения одного из фильтров весь поток жидкости пойдет через второй фильтр и отказа системы не произойдет, хотя ее характеристики изменятся. Соответственно, в зависимости от схемы соединения фильтрующих элементов и рассматриваемого вида отказа параметры надежности насосной группы рассчитываются по разным моделям.

Между приведенными на рис. 2 структурами систем и подсистем проходческого комбайна и выполняемых ими функций существует связь. Как известно, в системном анализе широко используется функционально-структурный подход [10,11], который применен и в настоящем исследовании для анализа качества функционирования гидравлической системы и приведенных выше подсистем гидравлической системы проходческого комбайна.

Различные подсистемы выполняют разные функции, и анализ их взаимодействия с надсистемой показывает, что на высоко нагруженные подсистемы ГПрИО и ГПдИО, обеспечивающие перемещения исполнительного органа в горизонтальной и вертикальной плоскости пласта, действуют высокие суммарные нагрузки от сил резания и подачи на резцах исполнительного органа. Подсистемы ГПрИО и ГПдИО, а также подсистема ГНЛ находятся в эксплуатации длительное время, что также отрицательно влияет на надежность работы этих подсистем. Указанные подсистемы не используются только во время перегона комбайна в новое положение для выполнения следующей заходки проходческого цикла и во время распура корпуса комбайна в почву выработки при помощи опорных гидроцилиндров и стола питателя, что в сумме составляет всего примерно пять процентов общего времени работы машины.

Качество функционирования и надежности гидравлической системы, ее подсистем и узлов следует оценивать применительно к качеству функционирования и надежности системы более высокого порядка. Т.е. функционирование и надежность узлов необходимо оценивать применительно к подсистемам, а функционирование подсистем гидравлической системы – применительно к гидравлической системе, функционирование же гидравлической системы (или механической системы) следует оценивать применительно к качеству функционирования и надежности проходческого комбайна (надсистемы). Это совместное рассмотрение надсистемы, си-

стем, подсистем и составляющих их узлов как целого и как совокупности отдельных частей (элементов) и применено в настоящей работе.

Гидравлическое оборудование комбайнов, как и любое другое оборудование, в процессе работы изнашивается и нуждается в контроле его состояния, обеспечивающем надежное выполнение предписанных им функций, а также в проведении технического обслуживания. Под техническим обслуживанием систем понимается совокупность мероприятий, которые служат поддержанию и восстановлению рабочих свойств систем. Данные мероприятия включают следующие работы:

- периодическое техническое обслуживание;
- контроль работоспособности и диагностика отказов;
- ремонтные (восстановительные) работы.

К задачам организации технического обслуживания относятся: установление графиков проведения проверок исправности гидравлической системы комбайна; установление графиков проведения профилактического обслуживания. Профилактические (регламентные) работы проводятся в системах проходческих комбайнов, которые еще не утратили работоспособность. Действия, необходимые для восстановления работоспособности после отказов, относятся к ремонтным (восстановительным) работам. Обычно профилактическими работами называют предупредительные, а ремонтные работы называются аварийным восстановлением.

Эффективность функционирования проходческих комбайнов, их систем, подсистем и узлов, входящих в подсистемы, а также техническое обслуживание систем, подсистем и узлов существенно зависит от процессов, происходящих внутри элементов систем и определяющих вид отказов.

В теории надежности различают внезапные и постепенные отказы. Внезапные отказы в гидравлических системах проходческих комбайнов могут произойти из-за мгновенного выхода из строя элементов, например, разрыва манжет и уплотнений, поломки гидравлических замков, обратных клапанов и распределителей, что переводит систему из работоспособного состояния в состояние отказа. Постепенные отказы происходят, когда нормальное функционирование элементов систем проходческого комбайна сохраняется в определенном интервале их параметров, которые при эксплуатации, как известно, изменяются с течением времени. Эти отказы происходят, например, при износе выше допустимых значений внутренних поверхностей гидроцилиндров, поверхностей поршней и направляющих

втулок цилиндров, а также износе рабочих поверхностей гидравлических распределителей подсистем ГПрИО, ГПДИО, ГТИО, ГПОСП, ГО. Контроль изменения значений параметров позволяет наблюдать за состоянием работоспособности или неработоспособности систем и их составляющих элементов. Контрольные проверки и диагностика являются обязательной частью стратегии по восстановлению работоспособности систем комбайнов.

Т.к. отказы систем проходческих комбайнов, их подсистем или узлов подсистем приводят к значительным экономическим потерям, но, с другой стороны, диагностика и контроль также требуют экономических затрат, возникает задача минимизации общих затрат при разработке методики обслуживания, включающей частоту проверок и сроков проведения технического обслуживания проходческих комбайнов. В этом случае необходимо определить сроки проведения диагностики и контрольных проверок по обнаружению неисправностей, при которых суммарные затраты на проведение контроля и потери от простоя проходческих комбайнов из-за несвоевременного обнаружения и замены вышедших из строя элементов минимизируются.

Ремонтные (восстановительные) [15] мероприятия проходческих комбайнов являются более трудоемкими по содержанию работы. Они связаны с проведением комплексной проверки работоспособности систем, заменой отказавших или выработавших установленный ресурс элементов, регулировкой отдельных параметров и прочими работами.

Еще одна задача, относящаяся к задачам организации обслуживания систем, заключается в том, какое количество запасных элементов необходимо иметь для того, чтобы быть уверенным в том, что система с достаточной вероятностью будет бесперебойно функционировать в течение заданного времени.

Выводы

В результате проведенного исследования установлено, что для повышения надежности гидравлических систем проходческих комбайнов избирательного действия со стреловидными исполнительными органами целесообразно применять системный подход и системный анализ.

Структурная схема проходческого комбайна КСП-32 имеет вид дерева целей и представляет собой иерархическую структуру системы из пяти уровней:

– на нулевом уровне (уровне общей цели) представлена сама надсистема – проходческий комбайн;

– на первом уровне представлены гидравлическая и механическая системы комбайна;

– на втором уровне приведено 15 подсистем, из которых 9 подсистем входят в гидравлическую систему, а 6 подсистем входят в механическую систему комбайна;

– на третьем уровне представлены узлы, входящие в подсистемы гидравлической и механической системы;

– к четвертому уровню отнесены узлы, детали, уплотнения, приборы, различные клапаны, манометры и другие устройства, входящие в элементы подсистемы гидравлической системы и механической системы третьего уровня.

Для обеспечения надежности вновь проектируемых гидравлических систем целесообразно использовать высоконадежную элементную базу, спроектированную и изготовленную по современным технологиям, а также целесообразно резервирование.

Структурно-функциональный анализ позволил поставить задачи установления целесообразности обеспечения запасными частями для технического обслуживания проходческих комбайнов.

Список литературы

1. Горбатов, П.А. Горные машины для подземной добычи угля: Учебн. пособ. для вузов / П.А. Горбатов, Г.В. Петрушкин, Н.М. Лысенко и др. – 2-е изд. перераб. и доп. – Донецк: Норд Компьютер, 2006. – 669 с.
2. Воскобойников, А.Э. Системные исследования: базовые понятия, принципы и методология / Знание. Понимание. Умение. – 2013 – №6: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2013/6/Voskoboynikov_Systems-Research/
3. Аполов, О.Г. Теория систем и системный анализ. Курс лекций. – Уфа, 2012. – 274 с.
4. Блауберг, И.В. Системный подход в современной науке / И.В. Блауберг, В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин // В кн. Проблемы методологии системных исследований. – М.: Мысль, 1970. – С. 7-48.
5. Виноградов, В.А. Система, ее актуализация и описание / В.А. Виноградов, Е.Л. Гидсбург // Системные исследования. Ежегодник. – М.: «Мысль», 1972. – 432 с.
6. Эмби, Р.У. Введение в кибернетику. – Изд. 2-е стереотипное. – М.: Иностранная литература, 2005. – С. 125-142.
7. Pan, J. Software Reliability / Dependable Embedded Systems. – Carnegie Mellon University, 1999. – 311 p.
8. Trachtenberg, M. Discovering How to Ensure

- Software Reliability / RCA Engineer. – 1982. – No.1-2. – P. 53-57.
9. Антонов, А.В. Системный анализ. Учеб. для вузов. – М.: Высш. школа, 2004. – 454 с.
 10. Горбатов, С.В. Системный подход в современной науке / С.В. Горбатов, В.Н. Юдин // Проблемы методологии системных исследований / Информатика и Образование. – 2008. – №5. – 312 с.
 11. Качала, В.В. Основы системного анализа. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2004. – 104 с.
 12. Шабаев, О.Е. Научные основы анализа и синтеза горных машин как мехатронных систем: дисс. ... на соискание науч. степени докт. техн. наук: 05.05.06 – Горные машины / Шабаев Олег Евгеньевич. – Донецк, 2011. – 371 с.
 13. Шабаев, О.Е. Техническая диагностика резцового исполнительного органа проходческого комбайна / О.Е. Шабаев, И.И. Бридун, Н.В. Хищенко. – Донецк, 2015. – 199 с.
 14. Веденева, Е.А. Функции и формулы Excel 2007. – СПб.: Питер, 2008. – 384 с.
 15. ГОСТ 18322-2016. Система технического обслуживания и ремонта. Термины и определения. Межгосударственный стандарт // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megainform.ru>

N.G. Afendikov /Cand. Sci. (Eng.), A.V. Shendrik, K.B. Lomakovskij
Donetsk National Technical University (Donetsk)

IMPROVING THE RELIABILITY OF SELECTIVE ACTION ROADHEADERS WITH SAGGITAL WORKING BODIES

Background. *Modern roadheaders are complex machines consisting of a large number of mechanisms: working bodies, hydraulic drives, movement mechanisms of working bodies, movement mechanisms of roadheaders, parts, units, therefore, the roadheader considered as the technical system intended for performance of certain functions.*

Materials and /or methods. *The developed structural model of a selective action roadheader type KSP-32 has the form of a hierarchy of goals and represents a hierarchical structure. The level of the overall objective is to ensure the reliability of the roadheader as a whole (the supersystem). At the first level, the reliability of hydraulic and mechanical systems evaluated. The hydraulic system on the second level includes nine subsystems; the mechanical system includes six subsystems.*

Results. *To ensure the reliability of the newly designed hydraulic systems, proposed two approaches: the first approach is to use a highly reliable element base, designed and manufactured using modern technologies and tested on test benches in the conditions of the manufacturer's plant, and in mines under intensive operating conditions; the second approach is to use in redundancy.*

Conclusion. *When ensuring reliability at the stage of operation, the task of minimizing the total cost of inspections and maintenance of roadheaders arises. For this purpose rational terms of diagnosis for fault detection established, in which the costs of control and costs of failure and downtime as well as recovery of systems, subsystems and replacement of the failed elements reduced.*

Keywords: *system approach, roadheader, decomposition, systems, subsystems, components, maintenance, repairs.*

Сведения об авторах

Н.Г. Афендиков

ORCID ID: 0000-0001-8876-7254

Телефон: +380 (71) 376-13-46

Эл. почта: an77tn@gmail.com

К.Б. Ломаковский

Телефон: +380 (71) 309-17-06

Эл. почта: battleship-1914@mail.ru

А.В. Шендрик

Телефон: +380 (71) 311-09-88

Эл. почта: gormash@i.ua

Статья поступила 29.11.2018 г.

© Н.Г. Афендиков, А.В. Шендрик, К.Б. Ломаковский, 2018

Рецензент д.т.н., проф. А.П. Кононенко