

УДК 622.271.4

**Д.А. Падучин<sup>1</sup>, С.Л. Иванов<sup>1</sup>, Д.В. Гладиллин<sup>2</sup>**

**D.A. Paduchin<sup>1</sup>, S.L. Ivanov<sup>1</sup>, D.V. Gladilin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский горный институт

<sup>2</sup>Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

<sup>1</sup>St. Petersburg Mining University

<sup>2</sup>Perm National Research Polytechnic University

**СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ФАКТОРОВ,  
ВЛИЯЮЩИХ НА НАДЕЖНОСТЬ КАРЬЕРНЫХ  
ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ**

**SYSTEMATIZATION OF FACTORS OF INFLUENCE  
ON SYSTEMS OF CAREER HYDRAULIC EXCAVATORS**

Выявлены факторы, влияющие на эксплуатационные показатели карьерных гидравлических экскаваторов. Представлены их описание и характеристики, предложена классификация. Дано описание степени и характера влияния выявленных факторов на работу узлов и систем гидравлического экскаватора.

**Ключевые слова:** карьерный гидравлический экскаватор, внешние факторы, техническое состояние, гидравлическая система, работоспособность.

The influencing factors on operational indicators of career hydraulic excavators are revealed. Their description and characteristics are submitted, their classification is offered. The description of degree and the nature of influence of the revealed factors on systems of the hydraulic excavator is given.

**Keywords:** career hydraulic excavator, external factors, technical condition, hydraulic system, serviceability.

Применяемое на открытых работах горное оборудование испытывает при работе высокие динамические нагрузки и эксплуатируется в экстремальных условиях высокой влажности, запыленности, в широком диапазоне среднегодовых температур и других факторов, влияющих на его работоспособность<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> ГОСТ 27.002–89. Надежность в технике основные понятия. Термины и определения. Введ. 1990-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 24 с.

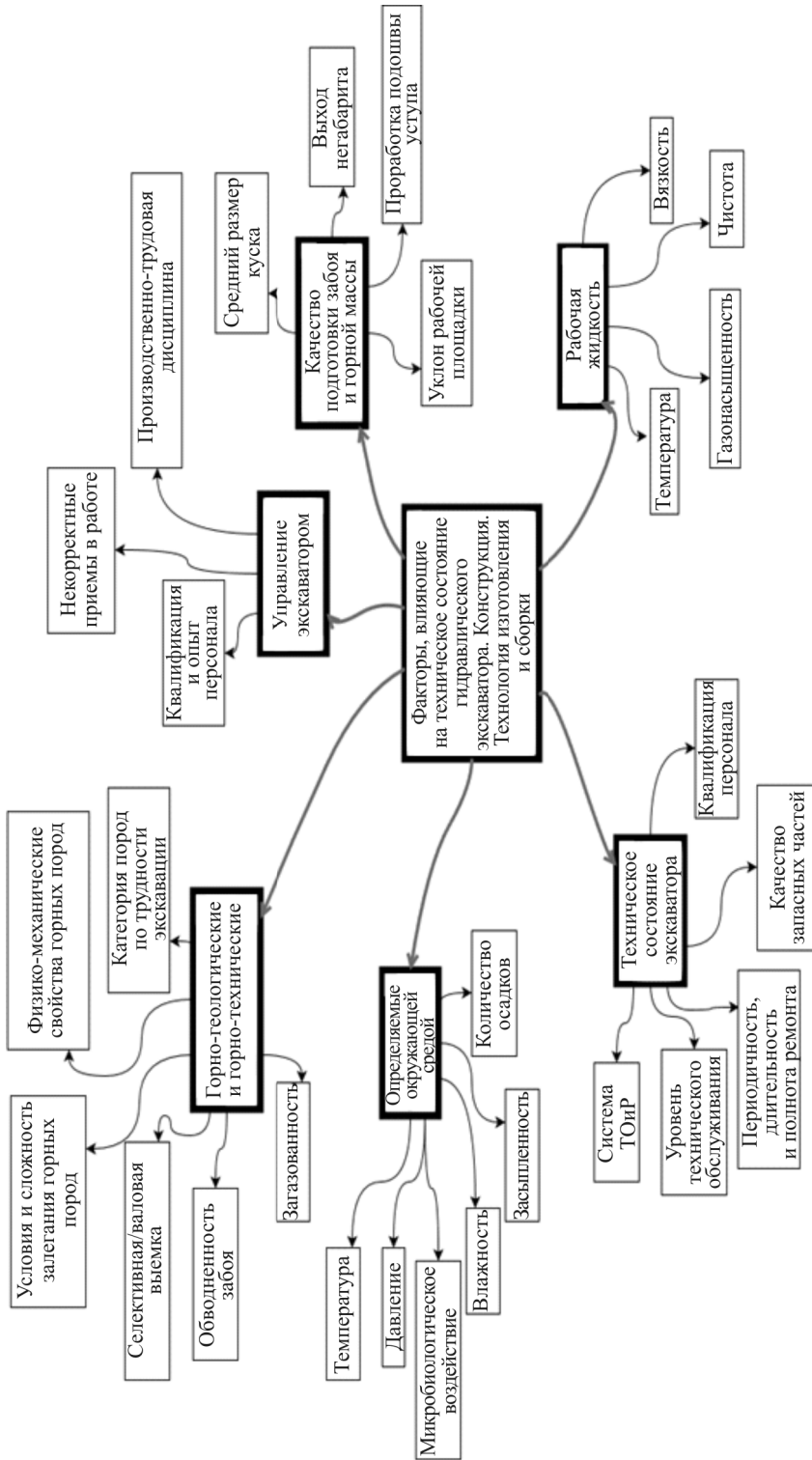


Рис. Систематизация факторов, влияющих на надежность гидравлических экскаваторов

Известно, что уровень надежности гидравлического экскаватора закладывается на этапе его конструирования и формируется в процессе изготовления, сборки и монтажа. В период эксплуатации надежность экскаватора снижается и может быть частично восстановлена путем проведения технического обслуживания и ремонта [1, 2]. Всестороннее рассмотрение условий и характера работы подобных горных машин, анализ статистики и технической литература по данной теме позволили выявить ряд факторов, оказывающих значительное влияние на техническое состояние гидравлических экскаваторов. Их систематизация представлена на рисунке.

Все факторы по вкладу в интенсификацию выработки ресурса гидравлическим карьерным экскаватором и участию в этом процессе человека можно разделить на три группы:

- с минимальным влиянием человека на выработку ресурса (влияние окружающей среды, горно-геологические и горно-технические условия);
- с осязательным влиянием человека на выработку ресурса (качество подготовки забоя и горной массы, техническое состояние экскаватора, качество рабочей жидкости гидросистем);
- с решающим влиянием человека на выработку ресурса (управление экскаватором, непосредственно зависящее от машиниста экскаватора).

К факторам, определяемым окружающей средой, в первую очередь относятся метеорологические и климатические: температуру, давление, влажность, количество осадков, выпадаемых в зоне работы экскаватора, а также микробиологическое воздействие, запыленность и загазованность [1].

К основным горно-геологическим и горно-техническим факторам относят условия и сложность залегания горных пород, их категоричность по трудности экскавации, обводненность забоя, способ выемки горной породы (селективная, валовая) и ее физико-механические свойства.

Опосредованно на техническое состояние экскаватора влияют такие факторы, как тип системы технического обслуживания и ремонта, уровень технического обслуживания, длительность и полнота ремонта, качество запасных частей, квалификация персонала, занимающегося обслуживанием экскаватора. К данной группе также следует отнести качество подготовки забоя и горной массы (уклон рабочей площадки, средний размер куска, выход негабарита, проработка подошвы уступа), состояние рабочей жидкости и гидролинии.

Решающее влияние на техническое состояние экскаватора оказывает работа машиниста (его квалификация, физическое и психоэмоциональное состояние и др.).

Рассмотрим некоторые факторы подробнее.

1. *Влияние окружающей среды.* Наибольшее влияние на работоспособность систем гидравлического экскаватора оказывает температура окружающей среды.

В экскаваторе, работающем в условиях повышенной температуры, наиболее проблематичными являются детали, изготовленные из пластмасс, и различные резинотехнические изделия. Данная группа элементов подвержена ускоренному процессу старения. Работа в условиях повышенной температуры также приводит к снижению вязкости рабочей жидкости, что, в свою очередь, может быть причиной значительных объемов утечек через зазоры и уплотнения.

Низкая температура снижает механическую прочность материалов, увеличивая их хрупкость, способствуя разрушению. Возрастает вязкость рабочей жидкости, вызывая дополнительные потери давления за счет увеличения сопротивления трубопроводов, особенно гибких, снижается коэффициент полезного действия, ухудшаются механические характеристики гидропривода.

При работе в регионах с повышенной влажностью на поверхности материала уже при относительной влажности 60–70 % появляется молекулярный слой воды, проникающий внутрь материала и вызывающий коррозию проводников и изоляции, что, в свою очередь, требует особого внимания и ухода за электрической системой экскаватора.

Запыленность воздуха ускоряет изнашиваемость трущихся пар, загрязняет рабочую жидкость, забивает дроссели и каналы, уменьшает срок службы воздушных фильтрующих элементов [2].

2. *Рабочая жидкость* в зависимости от состояния резко меняет гидравлические показатели гидросистемы. Необходимо сохранять ее химическую стабильность и чистоту. Немаловажными показателями также являются средняя температура, газонасыщенность (преимущественно воздухом) и вязкость. Необходимо постоянно контролировать параметры рабочей жидкости, производить ее замену в соответствии с инструкцией по обслуживанию и ремонту гидравлического экскаватора.

При загрязнении масла наблюдается интенсивное изнашивание в элементах гидропривода (золотники, насосы и др.), в результате чего изменяются коэффициенты расходов дросселей, из-за изнашивания элементов гидросистемы увеличиваются утечки рабочей жидкости, уменьшаются жесткость гидравлической системы и скорость движения исполнительных органов.

Для контроля состояния рабочей жидкости необходимо систематически производить ее отборы и проводить анализ состава и физических свойств: кинематической вязкости, кислотного числа, наличия механических примесей и воды.

Содержание воздуха в рабочей жидкости (воздухонасыщение) определяет ее упругость и смазывающие свойства. Начальная температура масла изменяется в результате перепуска под давлением рабочей жидкости через малые зазоры, при этом изменяются вязкость, плотность и, как следствие, потери во внутренних каналах привода, усилия и скорости на выходном звене. При уве-

личении вязкости до определенных пределов объемные утечки уменьшаются, возрастает объемный КПД, однако при этом увеличивается сила сопротивления и снижается механический КПД. Для обеспечения высокого общего КПД температура рабочей жидкости должна находиться в диапазоне рациональных температур, обеспечивающем минимальные суммарные потери.

Целостность гидролиний проверяют на всей их протяженности. Основная масса продуктов износа, абразива и механических примесей оседает в гидробаке. Следует контролировать состояние всасывающей гидролинии, своевременно производить замену фильтрующих элементов тонкой очистки, чистку фильтрующих элементов грубой очистки (металлических сеток, магнитных пробок и т.п.). Необходимо также убедиться в отсутствии повреждений внутреннего резинового слоя резиноканевых гибких рукавов, иногда применяемых во всасывающих гидролиниях. Участки всасывающих трубопроводов из резиноканевых рукавов при повышении температуры рабочей жидкости могут сжиматься под действием разрежения, поэтому их следует заменить стальными трубами или рукавами высокого давления.

Для исключения возможности попадания воздуха в рабочую жидкость проверяют на герметичность запорные краны и всасывающую гидролинию с резьбовыми соединениями. Чтобы насос находился в работоспособном состоянии, всасывающая гидролиния должна иметь минимальную длину и наименьшее количество изгибов. Заправку и дозаправку гидросистем следует выполнять закрытым способом, чтобы избежать загрязнений.

Воздух может принимать в гидросистему как в момент монтажа и ремонта, так и в период эксплуатации. Наиболее интенсивный подсос воздуха происходит в зонах пониженного давления по линиям всасывания, а также когда сливные и дренажные горловины трубопроводов находятся на поверхности уровня жидкости в баке. Источником насыщения масла воздухом является также кавитация, которая возникает при местном уменьшении давления ниже критического значения вследствие больших местных скоростей движения масла.

Старение рабочей жидкости – это изменение ее состава и свойств (вязкости и смазывающей способностей) под влиянием высоких давлений и процессов окисления и полимеризации. Срок службы масла зависит от условий эксплуатации привода и определяется главным образом давлением, температурой, газонасыщением и длительностью контакта с катализирующими материалами (медью, оловом и др.).

3. От характера *управления экскаватором* напрямую зависит его работоспособность. При низкой квалификации машиниста несоизмеримо возрастают технологические нагрузки, которые сопровождаются изменением нагрузки, ударами и вибрацией.

Позиционная нагрузка влияет в основном на статические характеристики. Постоянная противодействующая сила на выходном звене привода способствует изменению скорости выходного звена. Позиционная нагрузка на выходном звене изменяет амплитудно-частотные характеристики приводных двигателей и увеличивает фазовые сдвиги, что изменяет запасы устойчивости и быстродействие привода [3].

Инерционная нагрузка влияет на динамические свойства привода и с учетом сжимаемости рабочей жидкости обуславливает проявление резонансных режимов, колебательных переходных процессов в гидроприводе, нередко сопровождающихся ударами и потенциальной возможностью появления и развития усталостных трещин и изломов [4]. Вибрации в гидроприводе могут возникать и вследствие неравномерности подачи насосов и крутящего момента на выходном валу, циклического изменения реакции на опорных подшипниках, действия центробежных сил, увеличения зазоров, кавитации рабочей жидкости в гидролиниях, турбулизации потока и др.

В процессе эксплуатации гидросистем возникают повреждения, которые по скорости их протекания можно подразделить на три категории: быстро-, среднескоростные и медленно протекающие.

Первые характеризуются большими скоростями изменения параметров за доли секунды (это вибрации элементов с резонансным возбуждением, пульсации давления в рабочих полостях и трактах). Они влияют на взаимное расположение элементов, нарушая их взаимосвязь, и искажают рабочий процесс привода.

Среднескоростные процессы протекают за время рабочего цикла машины, измеряемого минутами и часами, возникают в результате изменения температуры рабочей среды, влажности, физических свойств рабочей жидкости и др. Они приводят к постепенным отказам.

Медленно протекающие процессы действуют в течение всего периода эксплуатации машины. К ним относятся изнашивание трущихся деталей, естественное старение и усталость материалов, сезонное изменение температуры и влажности.

При эксплуатации гидросистемы экскаватора имеет место весьма сложный механизм потери ее работоспособности под воздействием всего комплекса вышеупомянутых факторов (происходит постепенное ухудшение ее параметров и потеря работоспособности).

### Список литературы

1. Булес П. К вопросу о надежности мощных гидравлических экскаваторов Komatsu Mining Germany в экстремальных условиях эксплуатации // Маркшейдерский вестник. – 2013. – № 6. – С. 20–23.

2. Комплексная оценка факторов, определяющих наработку экскаваторов ЭЖГ новой продуктовой линейки производства «ИЗ-КАРТЭКС» / Д.А. Шибанов, Д.И. Шишлянников, П.В. Иванова, С.Л. Иванов // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. – № 9 (118). – С. 3–9.

3. Информационно-диагностические средства объективного контроля как инструмент повышения эффективности эксплуатации добычных горных машин / С.А. Асонов, В.В. Габов, С.Л. Иванов, М.Г. Трифанов, Н.В. Чекмасов, Д.И. Шишлянников // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2015. – № 14. – С. 62–71.

4. Оценка остаточного ресурса крупномодульных зубчатых колес карьерных экскаваторов / С.Л. Иванов, И.Е. Звонарев, Д.И. Шишлянников, А.Я. Бурак, В.М. Николаев // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – № 11. – С. 28–33.

Получено 28.03.2017

**Падучин Дмитрий Александрович** – студент, электромеханический факультет, Санкт-Петербургский горный университет, e-mail: dima-paduchin@yandex.ru.

**Иванов Сергей Леонидович** – доктор технических наук, профессор кафедры «Машиностроение», электромеханический факультет, Санкт-Петербургский горный университет, e-mail: lisa\_lisa74@mail.ru.

**Гладилин Денис Витальевич** – студент, горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: 4varjag@mail.ru.