

Литература

1. Стабилизатор вооружения — Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Стабилизатор_вооружения
2. Как это работает. Гироскоп [Электронный ресурс].–Режим доступа:<https://rostec.ru/news/kak-eto-rabotaet-giroskop/?ysclid=lljrlyi8ea393179887>
3. Ростех: Как это работает. Гироскоп | АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://niipolyus.ru/company/mass-media-about-us/item1063?ysclid=lljrm8gvs2116085406>
4. Weapon Stabilization Systems | Gun Stabilizers & Aim Control Enhancers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.defenseadvancement.com/suppliers/stabilization-systems/>
5. Первые советские ИК приборы и стабилизаторы прицела танковых орудий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://raigar.livejournal.com/52784.html?ysclid=lljrn0on5p828436521>
6. Tankograd: PT-76 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://thesovietarmourblog.blogspot.com/2018/02/pt-76.html?showComment=1533867821236>
7. "Ракетные танки" - Коллектив авторов - Страница 17 - ЛитМир Club [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://litmir.club/br/?b=549044&p=17&ysclid=lljrpqdg96305977263>
8. Привод стабилизатора танкового вооружения в горизонтальной плоскости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ivspecodezda.ru/privod-stabilizatora-tankovogo-vooruzheniya-v-gorizontalnoy-ploskosti/?ysclid=lljru5zq7b182483610>

УДК 629

**Анализ статистики аварийных отказов приводов в
проходческо-очистных комбайнах**

Студент гр. 10205121 Новиков С.Ю.

Научный руководитель – ст.пр. Куранова О.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

На горных предприятиях, осуществляющих добычу калийно-магниевого руд подземным способом, используют механизированные

комбайновые комплексы и камерную систему разработки. Ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по совершенствованию выпускаемой продукции: наиболее современные модификации комбайнов «Урал-20Р» комплектуются системами регистрации и визуализации токовых нагрузок приводных электродвигателей породоразрушающих исполнительных органов и погрузочного оборудования. Однако регулирование режимных параметров работы комбайна (скорости подачи на забой) и оценка нагруженности приводов в режиме реального времени выполняет оператор.

Корректная оценка величины и характера изменения нагрузок приводов выемочных машин калийных рудников позволяет обосновать рациональные параметры процесса разрушения соляного массива резами исполнительных органов проходческо-очистных комбайнов и минимизировать количество аварийных отказов, возникновение которых обусловлено сверхнормативными нагрузками. Существенное число случайных факторов, влияющих на нагруженность приводов проходческо-очистных комбайнов «Урал-20Р», определяет неизбежное возникновение ошибок при расчете мгновенных величин случайных нестационарных нагрузок в механических трансмиссиях комбайнов, что, в свою очередь, приводит к повышенной аварийности данных выемочных машин.

Мгновенную нагрузку на приводы исполнительных органов комбайнов «Урал-20Р» можно математически описать как сумму трех составляющих:

$$N(t) = N_1(t) + N_2(t) + N_3(t), \quad (1)$$

где $N(t)$ – мгновенное значение нагрузки на приводе исполнительного органа комбайна; $N_1(t)$ – составляющая, определяемая физико-механическими свойствами разрушаемого калийного массива и геометрическими параметрами забоя; $N_2(t)$ – составляющая, определяемая техническим состоянием и кинематикой исполнительных органов проходческо-очистного комбайна; $N_3(t)$ – составляющая, определяемая режимными параметрами работы проходческо-очистного комбайна «Урал-20Р», в частности, скоростью подачи на забой.

Важными техническими характеристиками проходческо-очистных комбайнов с исполнительными органами бурового типа являются: форма и размеры проходимых выработок.

Комбайны «Урал-20Р» осуществляют проходку выработок с сечением арочной формы. От формы выработки зависит полнота извлечения и потери

калийно-магниевого руд. Величина потерь руды в очистной камере рассчитывается по формуле:

$$\Delta = \frac{S_{оп} - S_k}{S_{оп}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где $S_{оп}$ – площадь прямоугольника, описанного вокруг контура сечения выработки, пройденной комбайном, m^2 ; S_k – площадь сечения пройденной выработки, m^2 .

При мощности пласта калийной руды свыше 4 м применяется двухслойная отработка камер с перекрытием сечений по высоте, первым ходом проходческо-очистной комбайн осуществляет выемку верхнего слоя (работает полным забоем). После отгона комбайна нижний слой отрабатывается вторым ходом. При этом площадь забоя меньше площади сечения исполнительных органов выемочной машины – комбайн выполняет подрубку пласта. Разрушение калийного массива полным сечением исполнительных органов является наиболее благоприятным условием работы комбайна и позволяет обеспечить максимальную техническую производительность выемочной машины при минимальных удельных энергозатратах и динамических нагрузках на приводы.

Технологическая операция подрубки характеризуется значительными динамическими нагрузками на приводы исполнительных органов комбайнов. Отсутствие эффективных демпфирующих устройств и пульсирующий характер нагрузок обуславливают возникновение ударов, передающихся на валы, подшипники, зубчатые передачи, что приводит к ускоренному износу и аварийному разрушению дорогостоящих редукторов, простоям выемочных машин.

Примеры наиболее частых аварийных отказов редукторов при работе комбайнов неполным сечением:

| Наименование редуктора | доля от общего числа отказов, % |
|--|---------------------------------|
| <i>Поворотного планетарного исполнительного органа</i> | 35,6 |
| <i>Бермового исполнительного органа</i> | 14,6 |
| <i>Конвейера тихоходного</i> | 14,5 |
| <i>Раздаточного планетарного исполнительного органа</i> | 9,7 |
| <i>Гусеничной ходовой тележки</i> | 8,7 |
| <i>Конвейера быстроходного</i> | 5,7 |
| <i>Относительного вращения планетарного исполнительного органа</i> | 3,8 |
| <i>Отбойного устройства</i> | 2,9 |
| <i>Маслостанции</i> | 2,6 |
| <i>Переносного вращения планетарного исполнительного органа</i> | 1,9 |

С целью выявления основных закономерностей процесса формирования нагрузок на элементы приводов проходческо-очистных комбайнов «Урал-20Р» при отработке забоя неполным сечением исполнительных органов экспериментальные исследования были выполнены в реальных условиях на одном из рудников Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей. По данным, предоставленным маркшейдерской службой рудника, высота разрушаемого массива составляла 1,0-1,1 м, площадь забоя 5,5-6,1 м², угол наклона выработки изменялся в диапазоне +1-3° (движение комбайна снизу вверх).

Наиболее нагруженными двигателями проходческо-очистного комбайна «Урал-20Р» являются двигатели бермовых исполнительных органов, осуществляющих разрушение калийного массива у почвы выработки и погрузку отбитой горной массы на скребковый конвейер. Большая часть мощности, потребляемой двигателями бермовых исполнительных органов, расходуется не на разрушение забоя, а на погрузку, циркуляцию и переизмельчение руды в спиральных каналах шнеков. Наиболее существенная вариативность нагрузок наблюдается на приводах переносного и относительного движения резцовых дисков сдвоенных планетарных исполнительных органов. При выполнении подрубки продуктивного пласта средние квадратичные отклонения мощностей указанных приводов увеличиваются в 2,3-2,5 раза по сравнению с отработкой забоя сплошным сечением.

Следует отметить, что при работе комбайна в рассматриваемых условиях в контакте с забоем попеременно находится только один из двух поворотных редукторов планетарного исполнительного органа. И штатная система индикации комбайна сигнализирует о наличии сверхнормативных нагрузок при двукратной перегрузке поворотного редуктора. Этим объясняется то, что свыше 35 % от общего числа аварийных отказов редукторов комбайнов «Урал-20Р» приходится на поворотные редукторы планетарных исполнительных органов.

Анализ результатов исследований показал, что скорость подачи комбайна V_n превышала допустимое значение по критерию максимально допустимой толщины стружки h_{max} , значение которой определяется конструкцией породоразрушающего инструмента и планетарного исполнительного органа. В ходе визуальных наблюдений за движением комбайна «Урал-20Р» при выполнении подрубки продуктивного пласта отмечены существенные вибрации корпуса выемочной машины, масса

которой составляет 110 т, а также проскальзывания гусениц ходового оборудования.

Анализ статистики аварийных отказов проходческо-очистных комбайнов «Урал-20Р» позволяют сделать следующие выводы:

при работе комбайнов «Урал-20Р» неполным сечением исполнительных органов (выполнении технологической операции подрубки пласта) следует ограничивать скорость подачи выемочной машины на забой по критерию максимально допустимой толщины стружки;

наиболее нагруженными приводами комбайнов «Урал-20Р» являются приводы бермовых исполнительных органов, так как существенная часть энергии в процессе их работы тратится на перемещение и измельчение калийной руды;

наибольшей вариативностью характеризуются нагрузки приводов относительного движения резовых дисков планетарных исполнительных органов, что определяет высокую вероятность аварийных отказов указанных приводов.

штатные системы управления и индикации комбайна «Урал-20Р» нуждаются в совершенствовании, так как не позволяют контролировать величины динамических составляющих нагрузок на приводы комбайна и регистрировать значения скорости подачи комбайна на забой в режиме реального времени.

работа комбайна «Урал-20Р» неполным сечением исполнительных органов с большой скоростью подачи приводит к ускоренному расходу ресурса и аварийным отказам редукторов и приводных электродвигателей выемочной машины.

Литература

1. Трифанов, М.Г. Оценка нагруженности приводов проходческо-очистных комбайнов "Урал" в реальных условиях эксплуатации / М.Г. Трифанов, Д.И. Шишлянников, С.Л. Иванов. – : Горный информационно-аналитический бюллетень, 2018. – 166-174 с.

2. Шишлянников Д.И. Оценка нагруженности приводов комбайнов «Урал20Р» при двухстадийной разработке забоя / Д.И.Шишлянников, М.Г.Трифанов, Г.Д.Трифанов // Записки Горного института. 2020. Т. 242. С. 234-241. DOI: 10.31897/PMI.2020.2.234