

УДК 658.232.7

**В.А. Мостаков**

## **СИСТЕМНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ МАШИН**

---

**Г**орнопроходческие машины (ГПМ) – как правило многоприводные многофункциональные системы. К ним относятся бурильные установки, погрузочные машины, проходческие комбайны. Наиболее общим представителем таких систем является проходческий комбайн со стреловидным исполнительным органом. Достаточно перечислить входящие в состав комбайна приводы и системы: исполнительный орган с приводом вращения коронок и системой его подачи, привод погрузочного органа, привод скребкового конвейера, привод гусеничного хода, привод насосной станции.

В свою очередь каждая горнопроходческая машина является элементом более общей системы: технология – оператор – машина – среда. При этом система является эргатической, т.е. человеко-машинной.

При исследовании и проектировании ГПМ особенности этой системы наиболее полно могут быть учтены с помощью обобщенной модели, построенной на основе единой функционально-аналитической трактовки, опирающейся на некоторые положения дискретной математики и представленной в виде мультиграфа. Вершинами или элементами этого мультиграфа являются: условия изготовления машины, условия эксплуатации, особенности конструкции, управляющие воздействия, условия перемещения машины, состояние машины, ка-

чественные показатели машины. Каждая из вершин в свою очередь является множеством, например, условия изготовления включают оснащенность завода-изготовителя технологическим оборудованием, его обеспеченность кадрами, организацию производства и др. На базе обобщенной модели можно решать множество отдельных частных задач, например, сопоставление возможностей различных предприятий изготовить машину с требуемым уровнем качества. В этой связи системный подход должен быть реализован на всех стадиях создания ГПМ: проектировании, изготовлении, испытаниях, а также на стадии эксплуатации.

Известно, что процессы управления и нагруженности машины в известной степени зависят от условий эксплуатации (в частности, крепости и абразивности разрушаемых пород) и квалификации оператора. В свою очередь на оператора и машину существенное воздействие оказывает окружающая среда: излишний шум, высокая влажность, значительный уровень запыленности забоя, недостаточная видимость.

Методы исследования ГПМ можно условно разделить на системные и автономные. Первые предполагают, что выходными параметрами являются те, которые непосредственно связаны с основной технологической задачей – проходкой выработок, и выявляют новые возможности повышения эф-

фективности ГПМ. Вторые позволяют оценить влияние одних звеньев системы на другие.

Все исследования приводов ГПМ должны в обязательном порядке учитывать случайный характер протекающих в них процессов, связанных как со случайными свойствами внешней среды, так и вероятностным характером управления приводом человеком-оператором.

Исследования должны проводиться на моделях (математических, физических и имитационных) и включаться в общий цикл проектирования. Наиболее полными и предпочтительными являются комплексные исследования, включающие исследования на моделях, проводимые на стадии проектирования, с последующими шахтными испытаниями и эксплуатационными наблюдениями.

На первичных стадиях проектирования ГПМ обычно выбираются и обосновываются габариты, энерговооруженность, скоростные и силовые параметры различных приводов и систем. На стадии рабочего проектирования производится проверка статической и усталостной прочности элементов машины, производительности различных приводов, тяговой способности приводов, устойчивости машины. Это традиционные расчеты, которые с точки зрения системного анализа можно назвать автономными. На этой стадии также рассчитываются и обосновываются параметры надежности машины: безотказность, коэффициент готовности, долговечность.

Обычно расчеты выполняются в соответствии с известными методиками, часть которых стандартизована. Для проверки работоспособности отдельных элементов и систем машины в последнее время применяются конечноеlementные, а также вероятностные методы расчета. При этом запасы прочности и допускаемые напряже-

ния принимаются в соответствии с отраслевыми и общемашиностроительными рекомендациями.

Можно считать, что в настоящее время методы оценки прочности элементов горнопроходческих машин удовлетворяют требованиям создания работоспособных конструкций.

Как показывает практика, работоспособность большинства элементов машин связана с их усталостной долговечностью. Поэтому конструктора и расчетчика прежде всего интересует будущая эксплуатационная нагруженность всех приводов и систем машины в течение срока эксплуатации, продолжительность их включения, число включений и т.д.

Как правило, такая информация по ближайшим прототипам ГПМ отсутствует или крайне недостаточна.

При полном отсутствии информации о характеристиках привода принимается, что нагрузка определяется установленной мощностью двигателя, а продолжительность работы привода сроком службы машины. Для некоторых приводов экспертным методом устанавливаются предположительные уровни нагрузок и относительная продолжительность их действия, т.е. принимается ступенчатая циклограмма нагруженности.

В свое время в отрасли были проведены и в настоящее время проводятся серьезные исследования по формированию и анализу динамических моделей приводов горных машин, нагруженность которых носит случайный характер. Одним из результатов таких исследований, следует считать появление методик по определению нагруженности приводов, часть которых ранее была стандартизована на отраслевом уровне. В таких методиках предполагается, что эксплуатационная нагруженность определяется постоянной средней нагруз-

кой и ее разбросом относительно среднего значения, оцениваемого коэффициентом вариации. В качестве средней нагрузки принимается устойчивый момент двигателя.

Такая методика существует и применяется при прочностном расчете трансмиссии исполнительного органа стреловидного проходческого комбайна.

Нагруженность трансмиссии исполнительного органа, определенная по этой методике, возможна только при полной (идеальной) загрузке двигателя и.о. в течение всего срока эксплуатации, т.е. методикой не учитываются особенности цикла обработки забоя, особенности среды (высокая влажность, относительно высокий уровень пыли, и связанная с этим плохая видимость), квалификация оператора,

Информация по уровню и характеру фактической нагруженности может быть получена только на основании длительного аппаратного наблюдения за работой приводов. На основании такой информации могут быть выявлены характеристика среды, параметры технологического цикла, квалификация оператора, уровень технического обслуживания, включая правильность различного рода регулировок, качество ремонтных работ.

Известно достаточное количество средств аппаратного контроля режимов работы горношахтного оборудования, однако результаты работы этих средств применительно к ГПМ неизвестны, кроме отдельных случаев. Так например, ранее ЦНИИподземмашем совместно с ИГД им. А.А. Скочинского и Копейским машзаводом были проведены наблюдения за нагруженностью 4-х проходческих комбайнов 1ГПКС в различных горно-геологических условиях в течение полутора тысяч часов. Оказалось, что

более половины времени работы нагруженность приводов исполнительных органов составляла от 25 до 50% установленной мощности, и расчетная нагруженность этих приводов существенно завышена.

Накопленный опыт проектирования проходческих комбайнов со стреловидным исполнительным органом позволяет сформулировать некоторые требования к конструкции и системам:

- система подачи должна обеспечивать реализацию устойчивого момента установленного электродвигателя исполнительного органа во всех возможных режимах работы по отбойке породы. При этом комбайн должен быть устойчив во всех возможных положениях исполнительного органа и при всех возможных направлениях его подачи,

- привод погрузки должен обеспечивать производительность, не меньшую, чем максимально возможная производительность по отбойке,

- привод скребкового конвейера должен иметь достаточную мощность для реализации производительности, обеспечиваемой приводом погрузки,

- привод передвижения должен обеспечивать реализацию необходимого усилия внедрения исполнительного органа в породу, а также возможность разворота комбайна в выработке,

- металлоконструкция комбайна должна обладать достаточной прочностью и жесткостью от нагрузок, создаваемых всеми его приводами и системами.

Вместе с тем, для повышения качества проектирования необходима информация:

- об условиях изготовления ГПМ,
- об особенностях эксплуатации ближайших прототипов (включая фактические режимные характери-

стики нагруженности, фактические параметры надежности),

- о характере повреждения узлов и деталей ближайших прототипов при их поступлении в капитальный ремонт,

- о нагрузках в различных приводах ГПМ на базе аналитических и имитационных методов исследования динамических моделей приводов,

- о влиянии технологических схем проведения горных выработок на процессы управления ГПМ,

- о влиянии окружающей среды (влажности, шума, пыли и др.) на эффективность управления машиной человека-оператора.

Учет этих данных позволяет реализовать системный подход к проектированию ГПМ на базе обобщенных моделей и в конечном счете станет расчетной основой автоматизации проектирования.

Результатом системного подхода к расчетам должно стать выявление новых возможностей повышения эффективности ГПМ. **ГИАБ**

### **Коротко об авторе**

*Мостаков В.А.* – доцент кафедры ТПМ, кандидат технических наук, Московский государственный горный университет.

Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.М. Рачек*.



## **ДИССЕРТАЦИИ**

### **ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ**

| <b>Автор</b>  | <b>Название работы</b>   | <b>Специальность</b> | <b>Ученая степень</b> |
|---|--|----------------------|-----------------------|
| <b>УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ</b> |  |                      |                       |
| МАКАРОВ<br>Николай<br>Владимирович                  | Обоснование параметров и разработка энергетических регуляторов шахтных центробежных вентиляторов | 05.05.06             | к.т.н.                |
| УГОЛЬНИКОВ<br>Александр<br>Владимирович             | Оптимизация режимов работы рудничных пневматических сетей при транспортировании сжатого воздуха  | 05.05.06             | к.т.н.                |