Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им.Г.В.Плеханова, т.ХУШ, вып. 1, 1973 г.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ГОРНОПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРА

В.И.Щербина

В процессе работы горнопроходческие комбайны имеют тенденцию отклоняться от заданного направления. Это вызвано горногеологическими условиями, конструкцией машины, особенностями эксплуатации.

Рассмотрим схему горнопроходческого комбайна на гусеничном ходу с индивидуальным приводом каждой гусеницы и рабочим органом роторного буросклывающего типа. Причин, вызывающих угловое отклонение этой машины от задания, несколько. Одна из них – существование горизонтальной составляющей реакции, возникающей в результате сопротивления руды резанию в плоскости забоя. Величина и направление этого усилия зависят от крепости руды, характера забоя, скорости подачи, а также направления вращения рабочего органа.

Вторая причина – горизонтальная составляющая силы трения между внешней поверхностью погрузочных ковшей и подошвой выработки. Формирование этого усилия зависит от многих факторов, связанных как с вертикальными колебаниями машины, так и со структурой штыбового слоя под внешними стенками погрузочных ковшей при проведении ими нижней полуокружности выработки.

В несколько иной форме проявляется внешнее воздействие на машину в результате непостоянства коэффициента сопротивления движению гусениц. Это внешнее воздействие создает момент поворота относительно центра гусеничной тележки и в зависимости от направления усиливает или компенсирует суммарную составляющую сил резания и трения рабочего органа.

Необходимо учитывать, что каждая гусеница тележки комбайна имеет свой индивидуальный гидравлический привод, поэтому скорости движения обоих гусениц равны только в идеальном случае. В результате разности скоростей движения гусениц (хотя и незначительной) возникает внешнее

воздействие, вызывающее угловое отклонение горнопроходческой машины.

И наконец, если допустить, что в исходном положении задание направления машине производится по оси рабочего органа, то практически всегда существует некоторая угловая ошибка несовпадения оси рабочего органа с осью гусеничной тележки; это приведет в конечном итоге к отклонению машины от задания.

Природа возмущающих воздействий на горнопроходческую машину такова, что учесть их практически невозможно. Поэтому в основу системы стабилизации (регулирования) курса должен быть положен принцип регулирования по отклонению регулируемого параметра.

Управлять движением горного комбайна по заданному направлению автоматически можно только в том случае, если комбайн снабжен средствами (механизмами) для изменения его положения в пространстве. Такие механизмы имеет горный комбайн ПК-8, используемый на рудниках Солигорского бассейна для добычи сильвинита [2,3]. Комбайн снабжен передними и задними гидродомкратами, под действием которых он отталкивается от стенок пройденной выработки, изменяя свое положение в плане (рис. 1). В качестве задатчика направления движения комбайна используется газовый лазер на смеси $He-Ne$ с длиной волны оптического излучения $\lambda = 6328$ Å. Применение лазера как задатчика направления обусловливается горногеологическими условиями и системой разработки калийных пластов (пологий и выдержанный угол падения пластов, длинные и прямолинейные ходки комбайна, наличие пространства в горной выработке для прохождения лазерного луча от штрека до комбайна).

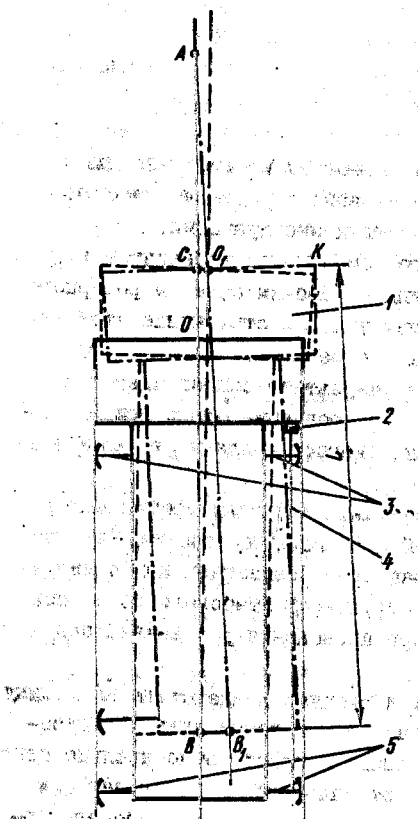


Рис. 1. К определению заданного положения комбайна:
1 – режущий орган; 2 – фотоприемник; 3 – передние гидравлические домкраты; 4 – луч лазера; 5 – задние гидравлические домкраты

На отгораживающем щите комбайна устанавливают фотоприемник, перемещающийся вместе с режущим органом и обеспечивающий путь комбайна, заданный направлением светового сигнала луча на всей длине горной выработки. При смещении комбайна с заданного световым лучом направления фотоприемник выдает сигнал, который усиливается и преобразуется в релейный. Этот сигнал воздействует на трехпозиционный электрогидроплан, управляющий силовыми гидродомкратами. При выдвижении их корпус комбайна отталкивается от стенок выработки и,

изменяя свое положение в плане, возвращается к заданному лучом направлению [1].

На руднике 2 комбината "Белоруськалий" испытывалась система автоматического управления направленным движением комбайна по курсу с использованием в качестве исполнительного органа в одном случае пары передних домкратов, в другом случае – задних. Точность проведения горных выработок при таком способе автоматического управления движением комбайна по курса оказалась достаточно высокой, отклонения от заданного направления не превышали ±2 см.

Однако при управлении с помощью передних гидравлических домкратов комбайн испытывал большие динамические нагрузки в моменты регулирования, что приводило к преждевременному износу и даже поломке режущего инструмента. Кроме того, из-за близости передних домкратов к режущему органу и из-за того, что регулировать комбайн необходимо в процессе подачи на забой при защемленном режущем органе в руде, срок службы передних гидравлических домкратов резко сокращался.

Более надежно регулировать движение комбайна по курсу, воздействуя на задние гидродомкраты. Задняя часть комбайна является свободной, т.е. не распертой в выработке, и поэтому сравнительно легко передвигается под действием силовых домкратов по сигналу с фотоприемника. Режущий орган в момент перемещения задней части комбайна практически не испытывает динамических нагрузок, что положительно сказывается на режущем инструменте. В этом случае комбайн выходит на заданное направление не к моменту окончания регулирующего воздействия, как при регулировании первым способом, а на определенной длине AO_1 выработки (см. рис. 1). После выхода на проектное направление на пути AO_1 комбайн будет смещаться в противоположную сторону до тех пор, пока не поступит соответствующий сигнал с фотоприемника и противоположный задний домкрат развернет комбайн на заданное направление. Таким образом система автоматического вождения комбайна по курсу обеспечивает рискавщую траекторию движения. Величина отклонения выработки от задания зависит от зоны нечувствительности фотоприемника. Величина выдвижения задних домкратов определяется из необходимого пути AO_1, на котором комбайн выйдет на заданное направление.

Определим длину выработки l, на которой комбайн выйдет на проектное направление при регулировании задними домкратами. Эта длина зависит от величины ухода комбайна с заданного направления δ и величины регулирующего воздействия γ, т.е. выдвижения задних домкратов и конструктивных параметров комбайна.

Для комбайнов одного и того же типа

$$l = f(\delta, \gamma).$$

Из треугольника ABB_1 на рис. 1

$$\frac{CO_1}{BB_1} = \frac{AO_1}{AB_1}; \qquad AO_1 = \frac{CO_1 \cdot AB_1}{BB_1} = \frac{CO_1(AO_1 + O_1B_1)}{BB_1},$$

откуда

$$AO_1 = \frac{CO_1 \cdot O_1B_1}{BB_1 - CO_1} .$$

Согласно введенным обозначениям, $AO_1 = l$; $CO_1 = \delta$; $BB_1 = \gamma$; $O_1B_1 = L$, причем l, δ, γ и L – в сантиметрах; L – длина комбайна.

При условии, что задние домкраты расположены по линии BB_1,

$$l = \frac{\delta L}{\gamma - \delta} .$$

Длина выхода комбайна на проектное направление изменяется при различных смещениях центра режущего органа с проектного направления $0 < \delta \leq 4$, что обеспечивается датчиком-фотоприемником, установленным на отгораживающем щите режущего органа, и различных выдвижениях задних домкратов $0 \leq \gamma \leq 0{,}47$ (рис. 2).

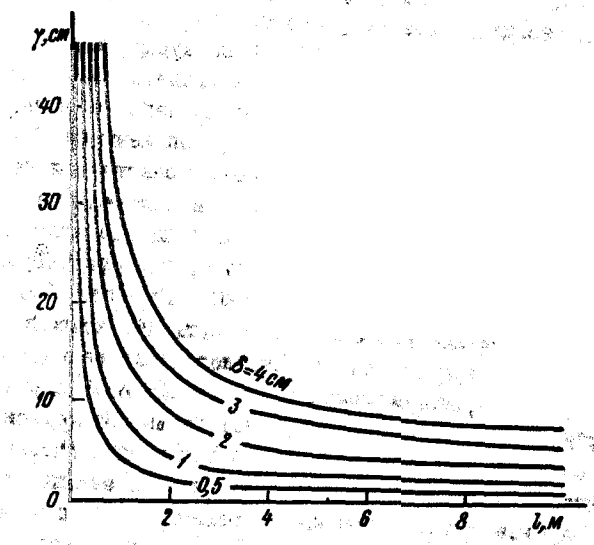


Рис. 2. Расчетные зависимости пути выхода комбайна ПК-8 на проектное направление

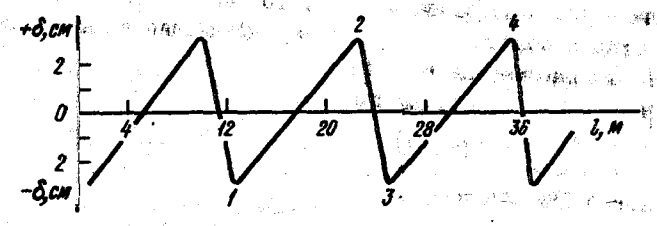


Рис. 3. Фактическая траектория движения комбайна

При испытаниях автоматизированной системы управления направленным движением комбайна ПК-8 по курсу, проведенных на руднике 2 комбината "Белорускалий" было установлено: на фактическую траекторию движения комбайна оказывает влияние постоянная составляющая скорости ухода комбайна вправо (-δ на рис. 3) за счет неуравновешенности режущего органа. В процессе испытаний зона нечувствительности фотоприемника составляла ± 2 см, величина выдвижения задних домкратов равнялась 5 см. На участке 1-2 эта составляющая скорости вычитается от скорости выхода комбайна на проектное направление, задаваемой выдвижением заднего домкрата, а на участке 2-3 эти скорости складываются. Поэтому пути выхода комбайна на проектное направле-

ние при регулировании левым и правым задними гидравлическими домкратами перемещением [illegible] гидравлическими домкратами для обеспечения заданного пути выхода комбайна на проектное направление при симметричном фотоприемнике необходимо задаваться различными регулирующими воздействиями, т.е. различным выдвижением гидравлических домкратов.

Как показали испытания, система автоматического управления при использовании лазера для задания направления движения комбайна и фотоприемника, устанавливаемого на отгораживающем щите комбайна, обеспечивает требуемое качество проходимых выработок для условий Солигорского бассейна.

Литература

1. Автоматическое управление проходческим комбайном. – "Горные машины и автоматика", 1973, вып. 1. Авт.: Е.С.Кричевский, В.Н.Лавринович, В.И.Щербина, В.Н.Смирнов.

2. Картовый Н.Г., Ульшин В.А., Глушко В.Д. Автоматизация управления движением горных машин комплексов и агрегатов. М., "Недра", 1969.

3. Снагин В.Г. К решению задачи автоматической стабилизации курса горнопроходческой машины на гусеничном ходу. – В сб.: Механизация и автоматизация в горной промышленности. М., Госгортехиздат, 1962.